



Utilização de Água Residual Tratada na Rega de Espaços
Verdes em Áreas Urbanas

Reutilização de Águas Residuais Aspectos a Realçar no Domínio da Saúde Pública

Paulo Diegues

Vítor Martins

Direcção-Geral da Saúde
Divisão de Saúde Ambiental e Ocupacional

Lisboa E-Nova
Lisboa, 10 maio 2016

ÁGUAS RESIDUAIS

- a) «Águas residuais domésticas»: as águas residuais de serviços e de instalações residenciais, essencialmente provenientes do metabolismo humano e de actividades domésticas;
- b) «Águas residuais industriais»: as águas residuais provenientes de qualquer tipo de actividade que não possam ser classificadas como águas residuais domésticas nem sejam águas pluviais;
- c) «*Águas residuais urbanas*»: as águas residuais domésticas ou a mistura destas com águas residuais industriais e ou com águas pluviais;

Decreto-Lei nº152/97, de 19 de Junho



REUTILIZAÇÃO DE AGUAS RESIDUAIS

- Aumento da escassez de água e do stress hídrico/Alterações Climáticas
- Degradação das origens de água
- Aumento da população e aumento da procura de água (agricultura, etc)
- Reconhecimento do valor das águas residuais e dos seus nutrientes

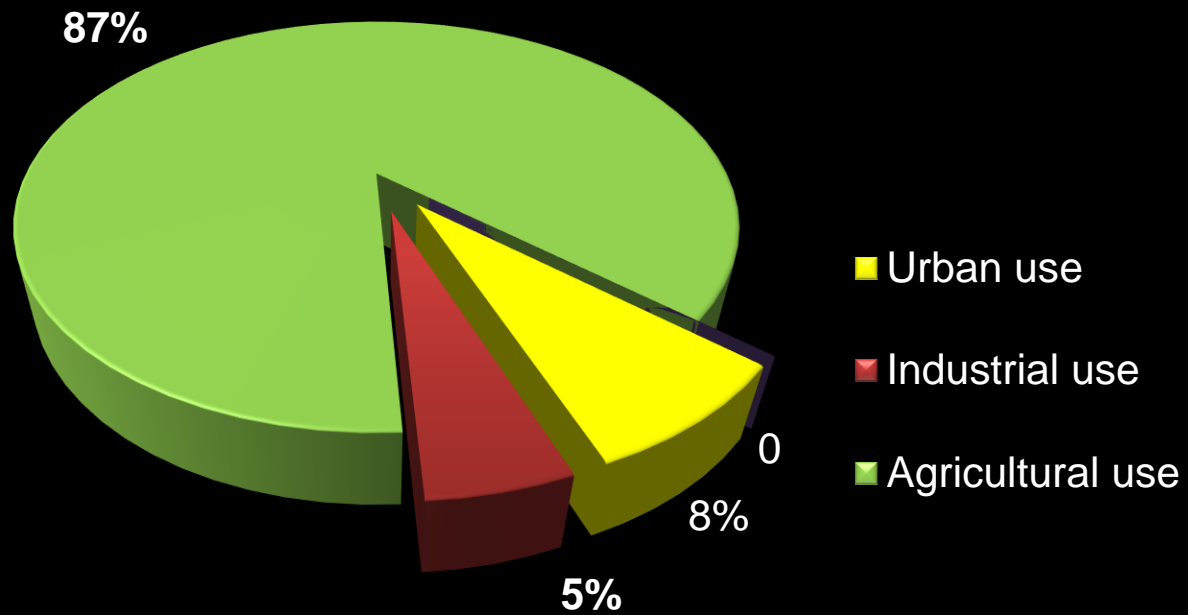
IRRIGAÇÃO COM	PRODUTIVIDADE(TONELADAS/ HECTAR/ ANO)				
	Trigo (8)*	Feijão Moong(5)	Arroz (7)	Batata (4)	Algodão (3)
Esgoto bruto	3.34	0.90	2.97	23.11	2.56
Esgoto sedimentado	3.45	0.87	2.94	20.78	2.30
Efluente de lagoa de estabilização	3.45	0.78	2.98	22.31	2.41
Água + NPK	2.70	0.72	2.03	17.16	1.70

* Anos de colheita para calcular a produtividade média

Fonte: WHO, 1988



UTILIZAÇÃO DE ÁGUA



Fonte: INAG, 2001



PRINCIPAIS APLICAÇÕES DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS

- Rega agrícola
- Rega paisagística
- Reciclagem reutilização industrial
- Recarga de aquíferos
- Utilizações recreativas e ambientais
- Utilizações urbanas não potáveis
- Utilização indirecta ou directa para fins potáveis

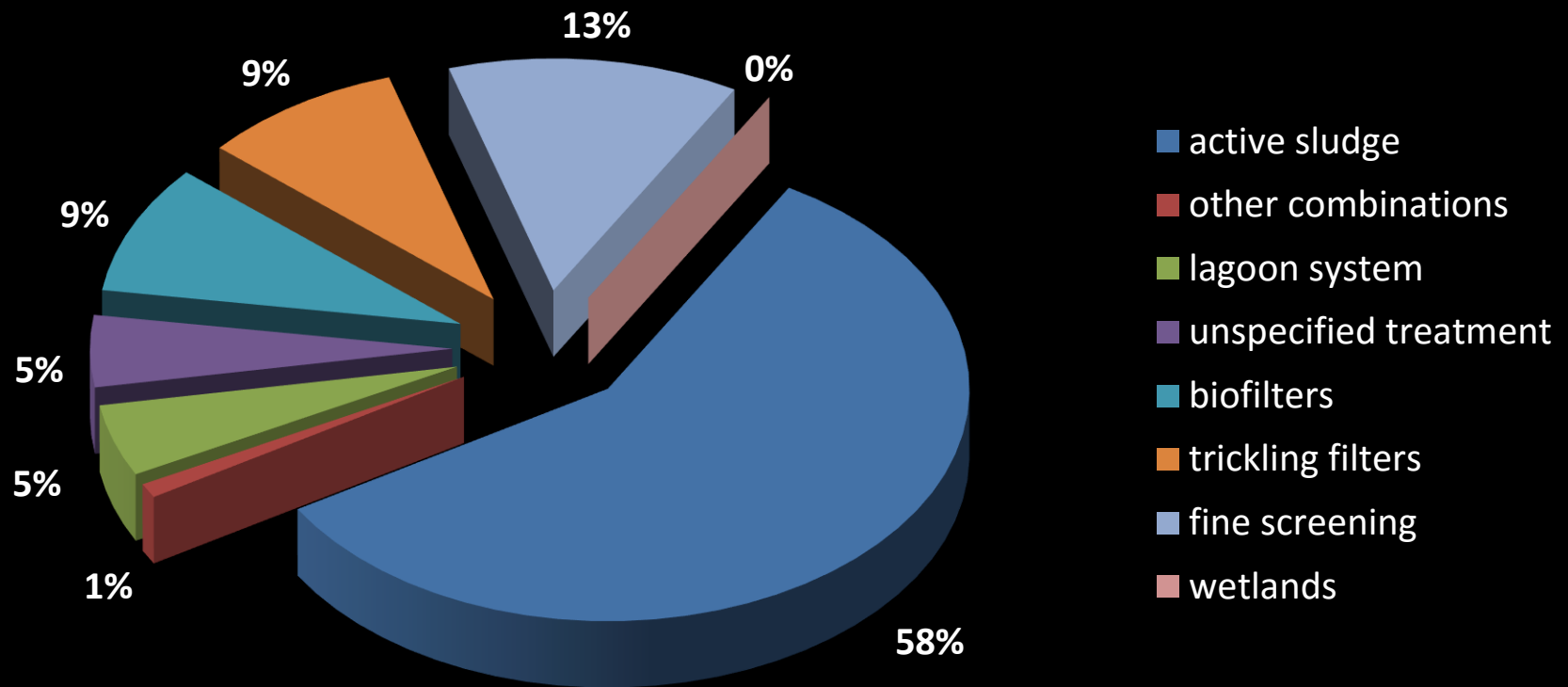


BENEFÍCIOS DA REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA

- O efluente tratado é utilizado como um recurso hídrico
- O efluente não é descarregado nos meios receptores – redução da poluição das águas superficiais e subterrâneas
- Origem alternativa de água que deve ser incluída no planeamento de recursos hídricos



TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS



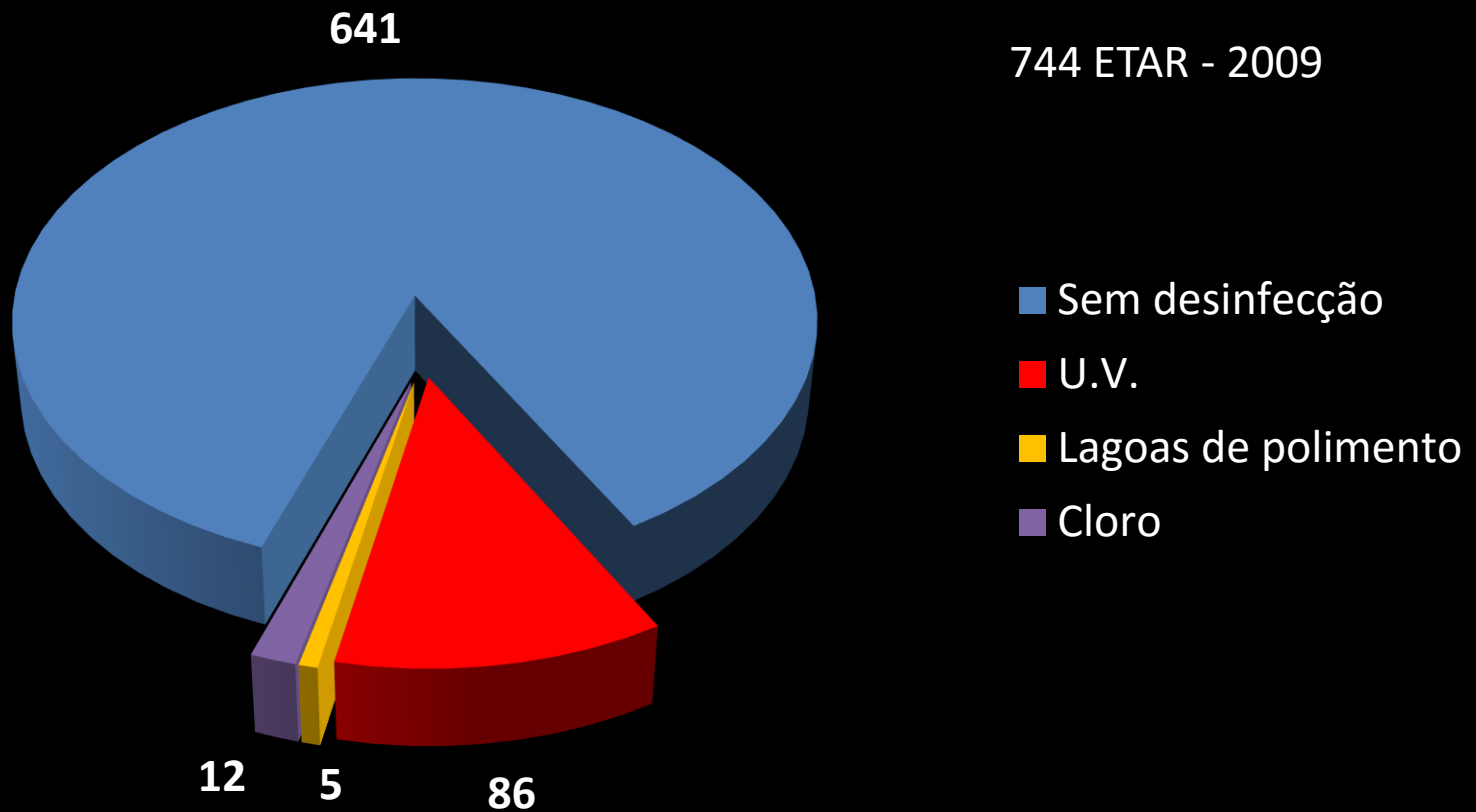
% do volume de águas residuais tratadas (só 79% dos alojamentos com tratamento com destino adequado, e 8,2 Milhões das pessoas com drenagem, equivale a 81% dos fogos com ligação a redes de drenagem , destes 79 000 sem tratamento. Dados de 2013)

2013 água residual recolhida – 547 milhões de m³/ano em baixa
2013 água residual recolhida - 462 milhões de m³/ano em alta

Fonte:
ERSAR



TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS



4316 Instalações de tratamento- 2453 ETARS (59%) e 1773 Fossas sépticas coletivas (41%), dados 2013

Fonte: ERSAR



APROVEITAMENTOS DE ÁGUAS RESIDUAIS PROJECTOS EM CURSO E EM PROJECTO.

Projectos em curso

30 Entidades Gestoras (16 em alta e 14 em baixa), reutilizaram água, correspondendo a 6,7 milhões de m³, equivale a 0,7% da água residual recolhida (dados 2012 ERSAR)

Mafra

irrigação de zonas de lazer urbanas. Outras utilizações como controlo de poeiras na construção civil.

Em Projecto

- Climatização de edificios, uso sanitário e irrigação de jardins (SIMTEJO)
- Irrigação da area de lazer na frente maritima de Lisboa (SIMTEJO)
- Irrigação de agricultura – Foz do Lizandro (SIMTEJO)
- Irrigação de area de lazer de CASCAIS (SANEST)
- Irrigação de areas de lazer urbanas e campos de golfe – (Águas do Algarve)

Fonte: ERSAR



REUTILIZAÇÃO ÁGUA

- ✓ No entanto, na reutilização de água nunca se devem descurar as questões de saúde pública
 - ✓ Em qualquer sistema de reutilização de água a protecção da saúde pública é crucial
 - ✓ A exposição humana a m. patogénicos ou a outros contaminantes presentes nos efluentes tratados pode constituir um sério problema de saúde pública.
-
- É necessário proceder ao tratamento dos efluentes antes da utilização
 - O grau de tratamento depende da utilização pretendida, do grau do potencial ou intencional contacto humano e da origem da água residual.



REUTILIZAÇÃO ÀGUA

Projecto de Norma Portuguesa

prNP 4434
2004

Reutilização de águas residuais urbanas tratadas na rega

Réutilisation des eaux usées urbaines dépurées utilisées pour l'irrigation

Reuse of reclaimed urban wastewater for irrigation

Série GUIAS TÉCNICOS

Reutilização de Águas Residuais

Autoria:

Helena Marecos do Monte
António Albuquerque



LEGISLAÇÃO RELACIONADA COM A REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS

- **DL Nº152/97, de 19 de junho** – Artigo 11º “Reutilização” As águas residuais tratadas, bem como as lamas devem ser reutilizadas sempre que possível ou adequate;
- **Decreto-Lei Nº 236/98, de 1 de agosto** - Artigo 58º “ Águas de rega”, no ponto 3 – a utilização de águas residuais nas regas de culturas agrícolas ou florestais está condicionada ao licenciamento pela Direcção Regional do Ambiente (DRA), e depende de parecer da Direcção Regional de Agricultura e Delegado de Saúde Regional; No ponto 4 refere que a rega de jardins públicos depende da DRA mediante parecer da Autoridade de Saúde Competente , no Anexo XVI “ Qualidade da Água destinadas à rega”;
- **No Decreto-Lei nº 226 –A /2007, de 31 de maio** , Artigos 12º e 15º no âmbito do licenciamento da aplicação de águas residuais tratadas à rega de culturas agrícolas e florestais envolve a Administração da Região Hidrográfica (ARH), a Direcção Regional de Agricultura e o Delegado de Saúde Regional em articulação com o Delegado de Saúde Comcelhio.



Cat.	Reuse conditions	Exposed group	Intestinal nematodes ^b (/litre* ^c)	Faecal coliforms (/100ml** ^c)	Wastewater treatment expected to achieve required quality
A	Irrigation of crops likely to be eaten uncooked, sports fields, public parks ^d	Workers, consumers, public	≤1	≤1000	A series of stabilisation ponds designed to achieve the microbiological quality indicated, or equivalent treatment
B	Irrigation of cereal crops, industrial crops, fodder crops, pasture and trees ^e	Workers	≤1	None set	Retention in stabilisation ponds for 8-10 days or equivalent helminth removal
C	Localised irrigation of crops if category B exposure of workers and the public does not occur	None	n/a	n/a	Pre-treatment as required by the irrigation technology, but not less than primary sedimentation

^a In specific cases, local epidemiological, sociocultural and environmental factors should be taken into account, and the guidelines modified accordingly

^b *Ascaris* and *Trichuris* species and hookworms

^c During the irrigation period

^d A more stringent guideline (≤200 faecal coliforms/100ml) is appropriate for public lawns with which the public may come into direct contact

^e In the case of fruit trees, irrigation should cease two weeks before the fruit is picked and none should be picked off the ground

* Arithmetic mean

** Geometric mean



Parâmetro	Unidade de medição	VMR	VMA	Método usual de análise	Método analítico de referência
Cianetos	mg/l	—	—	(1)	Espectrometria de absorção molecular com reagente específico.
Nitratos e nitratos	mg/l NO ₃ PO ₄	—	—	(1)	Espectrometria de absorção molecular com reagente específico.

(1) Quanto à metodologia utilizada em uma análise, referir-se ao resultado apresentado sob forma que se apresente neste anexo e não se verifique qualquer alteração metodológica de qualquer natureza da qualidade da água. A utilização de métodos podem variar a qualquer momento, desde que se mantenha a mesma base de comparação de amostras.

(2) Este valor deve ser utilizado pelo utilizador competente e não se aplica a base de comparação de amostras de qualquer natureza.

(3) Este valor deve ser utilizado pelo utilizador competente e não se aplica a base de comparação de amostras de qualquer natureza.

(4) Os limites podem ser excedidos no caso de condições geográficas ou meteorológicas excecionais.

VMR — valor máximo recomendado.

VMA — valor máximo admissível.

(O) Os limites podem ser excedidos no caso de condições geográficas ou meteorológicas excecionais.

ANEXO XVI

Qualidade das águas destinadas à rega

Parâmetro	Unidade de medição	VMR	VMA	Observações
Alumínio (Al)	mg/l	5,0	20	Risco de impropriedade em solos com pH < 5,5. Em solos com pH > 7 o risco de toxicidade é eliminado por precipitar o alumínio.
Árseno (As)	mg/l	0,10	10	Toxicidade variável dependendo as culturas, oscilando entre 12 mg/l para a ervilha e 0,35 mg/l para a arroz.
Boro (B)	mg/l	1,0	—	—
Bromo (Br)	mg/l	0,5	1,0	—
Cádmio (Cd)	mg/l	0,3	3,75	Para solos de terras finas e em certos períodos recomendam-se como concentração máxima 2 mg/l.
Cálcio (Ca)	mg/l	0,01	0,05	Tóxico para o meloeiro, beterraba e nabo em concentrações da ordem dos 0,1 mg/l em soluções nutritivas. Recomendam-se limites mais restritivos, dado que não se acumulam nas plantas e no solo, podendo prejudicar o ser humano.
Cálcio (Ca)	mg/l	5,0	20	As concentrações muito elevadas podem inibir o desenvolvimento celular das culturas.
Cloreto (Cl)	mg/l	70	—	Para a cultura de rebuçado recomendam-se uma concentração inferior a 20 mg/l, não devendo exceder os 70 mg/l.
Cobalto (Co)	mg/l	0,03	10	Tóxico em soluções nutritivas para a cultura de tomate na ordem dos 0,1 mg/l. Tende a ser inativo em solos neutros ou alcalinos.
Cobre (Cu)	mg/l	0,20	5,0	Tóxico em soluções nutritivas com concentrações entre 0,1 mg/l e 1 mg/l para muitas culturas.
Cromo total (Cr)	mg/l	0,10	20	Por se desconhecer o seu sítio tóxico, recomendam-se limites mais restritivos.
Escândio (Sc)	mg/l	2,0	—	—
Ferro (Fe)	mg/l	5,0	—	Não tóxico em solos bem drenados, mas pode contribuir para a acidificação do solo, tornando indisponível o fósforo e o molibdênio.
Fósforo (P)	mg/l	1,0	15	Inerente em solos neutros e alcalinos.
Lítio (Li)	mg/l	2,5	5,8	Tolerado pela maioria das culturas em concentrações superiores a 5 mg/l; móvel no solo. Tóxico para os citrinos e outras concentrações (<0,075 mg/l).



Indicadores	Expressão em resultado	VMIK	VMA	Observações
Manganês (Mn)	mg/l	0,20	10	Tóxico para um certo número de culturas desde algumas decimas até poucos mg/l, mas normalmente só em solos ácidos.
Molibdénio (Mo)	mg/l	0,005	0,05	Não é tóxico em concentrações normais. Em solos ricos em molibdénio livre as forrageiras podem no entanto ocasionar toxicidade nos animais.
Níquel (Ni)	mg/l	0,5	2,0	Tóxico para um certo número de culturas entre 0,5 mg/l e 1 mg/l; toxicidade reduzida para pH neutro ou alcalino.
Nitratos (NO ₃)	mg/l	50		Concentrações elevadas podem afectar a produção e quantidade das culturas sensíveis. No plano de fertilização da parcela convém contabilizar o azoto veiculando pela água de rega.
Salinidade: CE	dS/m	1		Depende muito da resistência das culturas à salinidade, bem como do clima, do método de rega e da textura do solo.
SDT	mg/l	5-9		
SAR (*)		8		Depende da salinidade da água, características do solo e do tipo de cultura a ser irrigada.
Selénio (Se)	mg/l	0,02	0,05	Tóxico para cultivos em concentrações da ordem dos 0,025 mg/l. Em solos com um teor relativamente elevado em selénio absorvido as forrageiras podem ocasionar toxicidade nos animais.
Sólidos suspensos totais (SST)	mg/l	50		Concentrações elevadas podem ocasionar colmatagem em canais e assoreamento nas redes de rega, bem como entupimentos nos sistemas de rega gota-a-gota e espargão, bem como neste último sistema a água poderá provocar depósitos sobre as folhas e frutos.
Sulfatos (SO ₄)	mg/l	275		
Vanádio (V)	mg/l	0,10	1,0	Tóxico para diversas culturas em concentrações relativamente baixas.
Zinco (Zn)	mg/l	2,0	10,0	Tóxico para diversas culturas numa gama ampla, toxicidade reduzida a pH's e solos de textura fina ou de solos orgânicos.
pH	Escala de Sorensen	6,5-8,4	4,5-9,0	
Calcíemias iónicas	/100 ml	100		
Ovos de parasitas intestinais	N/l		1	

(*) A relação de absorção de sódio (SAR) é calculada pelo seguinte equação, onde as concentrações devem estar expressas em mg/l: $SAR = \frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{[Na^{+}]}$

ANEXO XVII

Métodos analíticos de referência e frequência mínima de amostragem das águas destinadas à rega

Parâmetro	Expressão dos resultados	Método analítico e referência	Frequência mínima de amostragem (*)
Alumínio (Al)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica ou espectrometria de absorção molecular	(1)
Arseno (As)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica ou espectrometria de absorção molecular	(1)
Bário (Ba)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica	(1)
Bélio (Be)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica	(1)
Boro (B)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica ou espectrometria de absorção molecular	(1)



VALORES GUIAS NP 4434 (VALORES MÁXIMOS PARA AS CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS NOS SOLOS A REGAR COM ÁGUA RESIDUAIS TRATADAS (mg/Kg de solo seco)

Metal	pH do solo		
	< 5,5	5,5 a 7,0	> 7,0*
Cádmio (Cd)	1	3	4
Chumbo (Pb)	50	300	450
Cobre (Cu)	50	100	200
Crómio (Cr)	50	200	300
Mercúrio (Hg)	1	1,5	2
Níquel (Ni)	30	75	110
Zinco (Zn)	150	300	450

* Não aplicável no caso de culturas destinadas a consumo humano ou a pastagens. Para estas culturas aplicam-se os valores referentes aos solos com valores de pH entre 5,5 e 7,0.

NOTA: Fonte: Portaria n.º 176/96, de 3 de Outubro.



VALORES GUIAS NP 4434 (DISTÂNCIA MÍNIMA ENTRE O LIMITE DA ZONA REGADA E ZONAS COM OCUPAÇÃO HUMANA PERMANENTE

Método de rega	Tipo de zona habitada	Concentração de coliformes fecais nas águas residuais tratadas		
		$\leq 2 \times 10^2$ CF/100 mL	$2 \times 10^2 < \text{CF}/100 \text{ mL} \leq 10^3$	$> 10^3$ CF/100 mL
Rega por aspersão	<i>Habitacões isoladas</i>	30 m	60 m	70 m
	<i>Zonas habitacionais</i>	50 m	80 m	100 m
Outros métodos de rega	<i>Habitacões isoladas</i>	10 m	20 m	30 m
	<i>Zonas habitacionais</i>	30 m	60 m	70 m



VALORES GUIAS NP 4434 (VALORES MÁXIMOS ADMISSÍVEIS PARA OS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS DAS ÁGUAS RESIDUAIS

TRATADAS PARA REUTILIZAÇÃO NA REGA E OS ESQUEMAS DE TRATAMENTO ADEQUADOS)

Classes	Tipos de cultura	Coliformes fecais (NMP ou ufc/100 mL)	Ovos de parasitas entéricos (ovos/L)	ESQUEMAS DE TRATAMENTO ADEQUADOS	OBSERVAÇÕES
A	Culturas hortícolas para consumo em cru.	100	1	Secundário⇒Filtração⇒Desinfecção ou Terciário⇒Filtração⇒Desinfecção	Desinfecção por UV (lâmpadas com auto-limpeza) ou O ₃ preferíveis à cloragem.
B	Relvados, parques e jardins públicos e relvados para a prática de desportos, zonas florestadas com fácil acesso para o público.	200	1	Secundário⇒Filtração⇒Desinfecção ou Terciário⇒Filtração⇒Desinfecção	Desinfecção por UV (lâmpadas com auto-limpeza) ou O ₃ preferíveis à cloragem. A rega deve ser efectuada de modo a evitar contacto com o público.
C	Culturas hortícolas para consumir cozinhadas, culturas forrageiras e pratenses, vinha e pomares.	10 ³	1	Secundário⇒Filtração⇒Desinfecção ou Terciário⇒Filtração⇒Desinfecção ou Lagunagem (Sistema com 3 ou mais lagoas e t _R ≥ 25 dias)	Desinfecção por UV (lâmpadas com auto-limpeza) ou O ₃ preferíveis à cloragem. A rega de vinha e pomares deve ser efectuada de modo a evitar contacto com os frutos. Não devem ser aproveitados os frutos caídos no solo.
D	Culturas cerealíferas*, culturas hortícolas para laboração industrial, culturas destinadas à produção de matérias-primas para as indústrias têxtil, de extracção de óleos e essências vegetais e similares, culturas florestais e relvados situados em locais de difícil acesso para o público ou com acesso controlado.	10 ⁴	1	Secundário ⇒ Lagoas de maturação (t _R ≥ 10 dias) ou Secundário ⇒ Filtração⇒Desinfecção	Desinfecção por UV (lâmpadas com auto-limpeza) ou O ₃ preferíveis à cloragem. A rega deve ser efectuada de modo a evitar contacto com o público.

* Com exclusão do arroz, por ser regado por alagamento.

NOTA: t_R – tempo de retenção; ufc – unidades formadoras de colónias.

Processo de rega	Distância relativamente a zonas habitadas (m)	Valor máximo admissível para a velocidade do vento (m/s)
Aspersão	> 100	3,5
	100 a 70	2,0
	70 a 50*	2,0
Mini-aspersão	> 50	2,5
	50 a 30	2,0

* De acordo com os valores do Quadro 3, a rega por aspersão com águas residuais tratadas, a distâncias inferiores a 70 m, é permitida apenas se as águas forem de elevada qualidade bacteriológica.



VALORES GUIAS NP 4434 (VALORES LIMITES PARA AS QUANTIDADES ANUAIS DE METAIS PESADOS QUE PODEM SER INTRODUZIDOS NOS SOLOS CULTIVADOS COM BASE DE UMA MÉDIA DE 10 ANOS)

Parâmetro	Valor-limite [(kg/ha)/ano]
Cádmio	0,15
Cobre	12
Níquel	3
Chumbo	15
Zinco	30
Mercúrio	0,1
Crômio	4,5

NOTA: Fonte: Anexo III da Portaria n.º 176/96, de 3 de Outubro.



ASPETOS A PONDERAR EM SAÚDE PÚBLICA NO ÂMBITO DA REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS E NA ELABORAÇÃO DE LEGISLAÇÃO/ VALORES GUIA OMS

Os valores Guia da OMS, para as águas residuais tratadas, baseiam-se numa metodologia que combina a avaliação e a gestão do risco para a saúde e o controlo das doenças transmitidas por vetores, assentando no princípio da **Stockholm Framework** . Providencia um sistema harmonizado para o desenvolvimento dos valores guia para a proteção da saúde e os padrões para os sistemas de água e de águas residuais relacionados com os perigos microbiológicos.

Esta metodologia envolve a avaliação dos riscos prioritários para a saúde, antes da definição das metas para a saúde e do desenvolvimento dos valores guia.

O valor guia fornece uma ferramenta de gestão preventiva integrada , garantindo uma aplicação segura da água residual tratada desde o ponto de produção até ao consumo de produtos.



ASPETOS A PONDERAR EM SAÚDE PÚBLICA NO ÂMBITO DA REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS E NA ELABORAÇÃO DE LEGISLAÇÃO/ VALORES GUIA OMS

Um valor Guia depende dos seguintes elementos :

Componente Saúde :

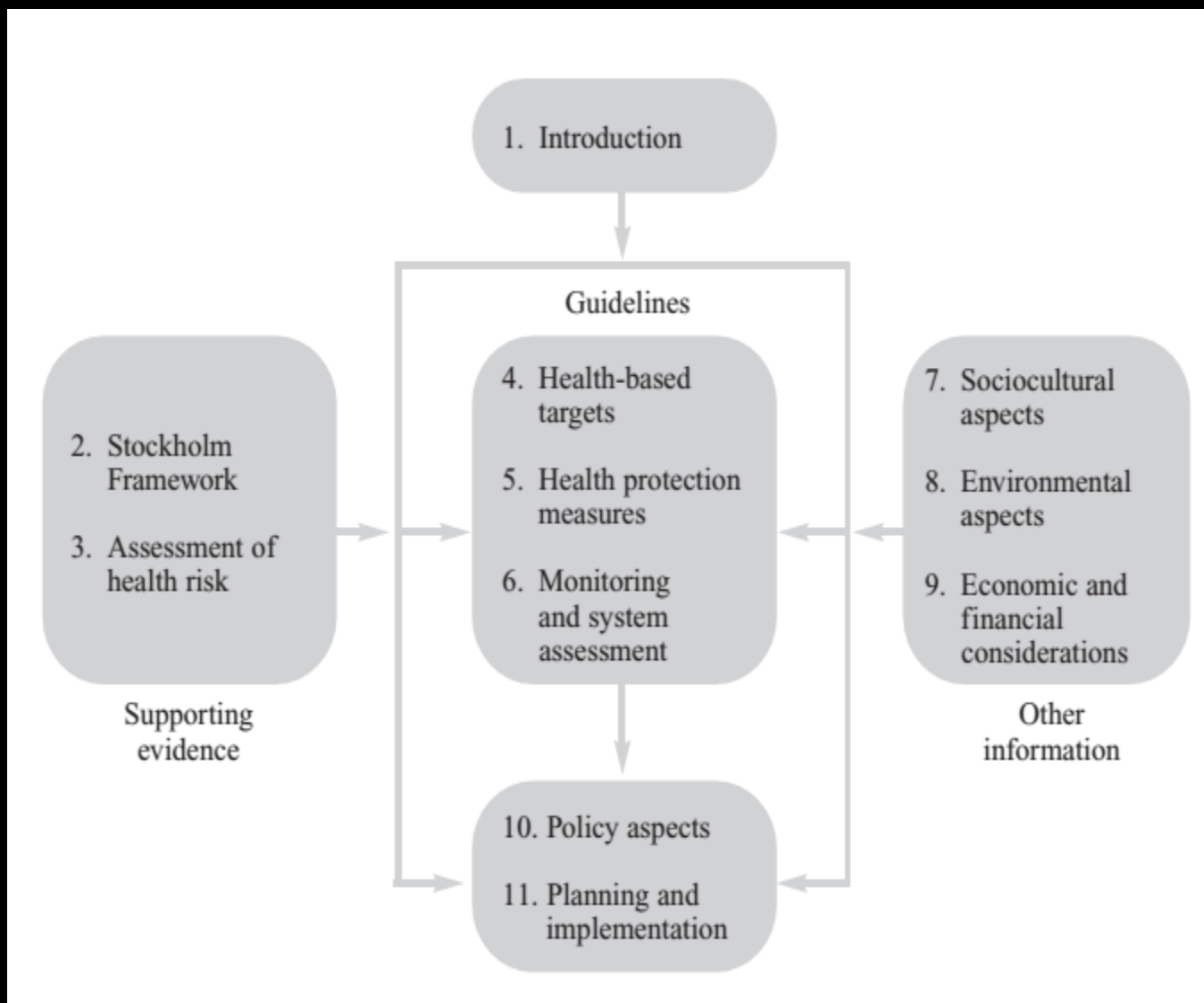
- ✓ Definir o nível de proteção da saúde que é relevante para cada perigo identificado, tendo em conta a exposição diária e os resultados para a saúde como a prevenção das doenças transmitidas por vetores;
- ✓ Identificação das medidas de proteção da saúde , quer individuais quer coletivas que permitam alcançar as metas pretendidas.

Componente de Implementação :

- ✓ Estabelecer um sistema de monitorização e procedimentos de avaliação do sistema;
- ✓ Estabelecer responsabilidade institucionais e de supervisão ;
- ✓ Requer que o sistema seja bem documentado;
- ✓ Requer a confirmação por uma entidade de vigilância independente.



Aspetos que envolvem a definição dos valores Guia:



ASPETOS A PONDERAR EM SAÚDE PÚBLICA NO ÂMBITO DA REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS E NA ELABORAÇÃO DE LEGISLAÇÃO/ VALORES GUIA OMS

Avaliação dos Riscos para a Saúde :

Neste domínio é importante ter em linha de conta a caracterização microbiológica e química das água residuais tratadas, baseada em análises laboratoriais, estudos epidemiológicos de suporte e uma avaliação dos riscos quantitativa da componente química e microbiológica (estudos dose/resposta).

Esta avaliação deve abranger :

- ✓ Consumidores dos produtos regados com água residual tratada;
- ✓ Trabalhadores rurais e suas famílias;
- ✓ Comunidades nas proximidades da área regada.



ASPETOS A PONDERAR EM SAÚDE PÚBLICA NO ÂMBITO DA REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS E NA ELABORAÇÃO DE LEGISLAÇÃO/ VALORES GUIA OMS

Medidas de Proteção da Saúde:

Gerais/proteção dos consumidores :

- Grau de exigência do Tratamento da água residual em função do tipo de cultura a regar;
- Restrições do ponto de vista das culturas em que é permitida a rega com água residual tratada;
- Técnica de aplicação das águas residuais tratadas na agricultura, de modo a minimizar a contaminação (rega gota a gota);
- Garantir os períodos de retenção adequados, de modo a permitir que os agentes patogénicos morram após a última aplicação de efluente tratado;
- Promoção da saúde e higiene;
- Promover práticas de higiene nos mercados alimentares e durante a preparação de alimentos;
- Lavagem dos produtos alimentares , desinfeção (água clorada) e noutros casos devem ser cozinhados;
- medidas de saúde que potenciem a imunidade da população.



ASPETOS A PONDERAR EM SAÚDE PÚBLICA NO ÂMBITO DA REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS E NA ELABORAÇÃO DE LEGISLAÇÃO/ VALORES GUIA OMS

Medidas de Proteção da Saúde:

Trabalhadores e famílias :

- Uso adequado dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI);
- Acesso a água potável e a saneamento nas quintas;
- Promoção da implementação das medidas de higiene e Saúde;
- Controlo das Doenças Transmitidas por Vetores e controlo dos potenciais hospedeiros;
- Estabelecer as barreiras sanitárias para diminuir o contato com vetores
- Medidas de saúde que potenciem a imunidade da população.



ASPETOS A PONDERAR EM SAÚDE PÚBLICA NO ÂMBITO DA REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS E NA ELABORAÇÃO DE LEGISLAÇÃO/ VALORES GUIA OMS

Medidas de Proteção da Saúde:

Comunidades locais ou na proximidade :

- Acesso a água potável e a tratamento de águas residuais ;
- Acesso restritivo a águas recreativas nas imediações da aplicação das águas residuais, nomeadamente adolescentes e quando existir o risco da sua potencial contaminação;
- Restringir o acesso aos campos irrigados e a todas as estruturas envolvidas na utilização das águas residuais tratadas;
- Promoção da Saúde e de hábitos de higiene na comunidade;
- Medidas de saúde que potenciem a imunidade da população.



Monitorização e Avaliação do Sistema:

A monitorização envolve 3 aspetos, a validação (ou provar que o sistema é capaz de atender às necessidades para os quais foi projetado), monitorização operacional (faculta a informação do funcionamento individual das diferentes componentes do sistema , tendo em conta as medidas preconizadas para a proteção da saúde), verificação (ocorre nos pontos finais de utilização de todo o processo , permitindo assegurar que o sistema atinge as metas pré definidas , especificações microbiológicas e químicas)

A melhor forma de garantir um uso seguro da água residual tratada para fins agrícolas ou outra, é implementar um sistema de avaliação dos riscos harmonizada e de gestão dos riscos que tenham em conta todas as fases do processo e do ciclo de produção das águas residuais até ao ponto de utilização (Stockholm Framework).

É importante ter em atenção também os aspetos ambientais, socioeconómicos, e financeiros, não se devendo escurar os aspetos de legislação , Entidades envolvidas na sua implementação e controlo e os aspetos de regulação.



Aspetos da Monitorização :

Control measure	Validation requirements	Operational monitoring parameters	Verification monitoring parameters
Wastewater treatment	<p>Effectiveness of treatment processes at inactivating/ removing pathogens and indicator organisms (<i>E. coli</i>, helminth eggs)</p> <p>System design (e.g. retention time, short-circuiting in waste stabilization pond by conducting dye testing)</p> <p>Analytical procedures for detecting indicators and/or pathogens (including measuring viability)</p> <p>Effectiveness of treatment in removing locally important toxic chemicals</p> <p>Analytical procedures and capabilities for detecting chemicals in wastewater, excreta or pond water</p>	<p><i>Low-rate biological systems:</i></p> <p>Flow rates</p> <p>BOD (loading rates may need to vary during colder periods)</p> <p>Algal concentrations and species types</p> <p>Dissolved oxygen at different pond depths (facultative and maturation ponds)</p> <p><i>High-rate processes:</i></p> <p>BOD</p> <p>Turbidity</p> <p>pH</p> <p>Organic carbon</p> <p>Particle counts</p> <p>Membrane integrity (pressure testing)</p> <p>Chlorine residual</p>	<p><i>E. coli</i></p> <p>Helminth eggs (including <i>Schistosoma</i> spp., where appropriate)</p> <p>Locally important toxic chemicals</p>
Health and hygiene promotion	<p>Testing of promotional materials with relevant stakeholder groups</p>	<p>Local programmes in operation</p> <p>Promotional materials available</p> <p>Promotion included in school curriculum</p>	<p>Increased awareness of health and hygiene issues in key stakeholder groups</p> <p>Improved practices</p>
Chemotherapy and immunization ^b	<p>Effectiveness of different vaccines/drugs in preventing or treating locally important infections</p>	<p>Numbers of people vaccinated/treated</p> <p>Villages/schools targeted near wastewater use areas</p> <p>Frequency of campaigns</p>	<p>Reduced prevalence and intensity of infections</p> <p>Fewer disease outbreaks in targeted areas</p>
Product restriction	<p>Survey of product consumers to identify species always eaten after thorough cooking</p> <p>Analysis of marketability of different species/crops</p> <p>Economic viability of growing products not for human consumption</p>	<p>Types of crops grown in wastewater use areas</p>	<p>Water quality testing of wastewater to ensure that water used for unrestricted irrigation meets WHO microbial reduction targets</p>



Aspetos da Monitorização :

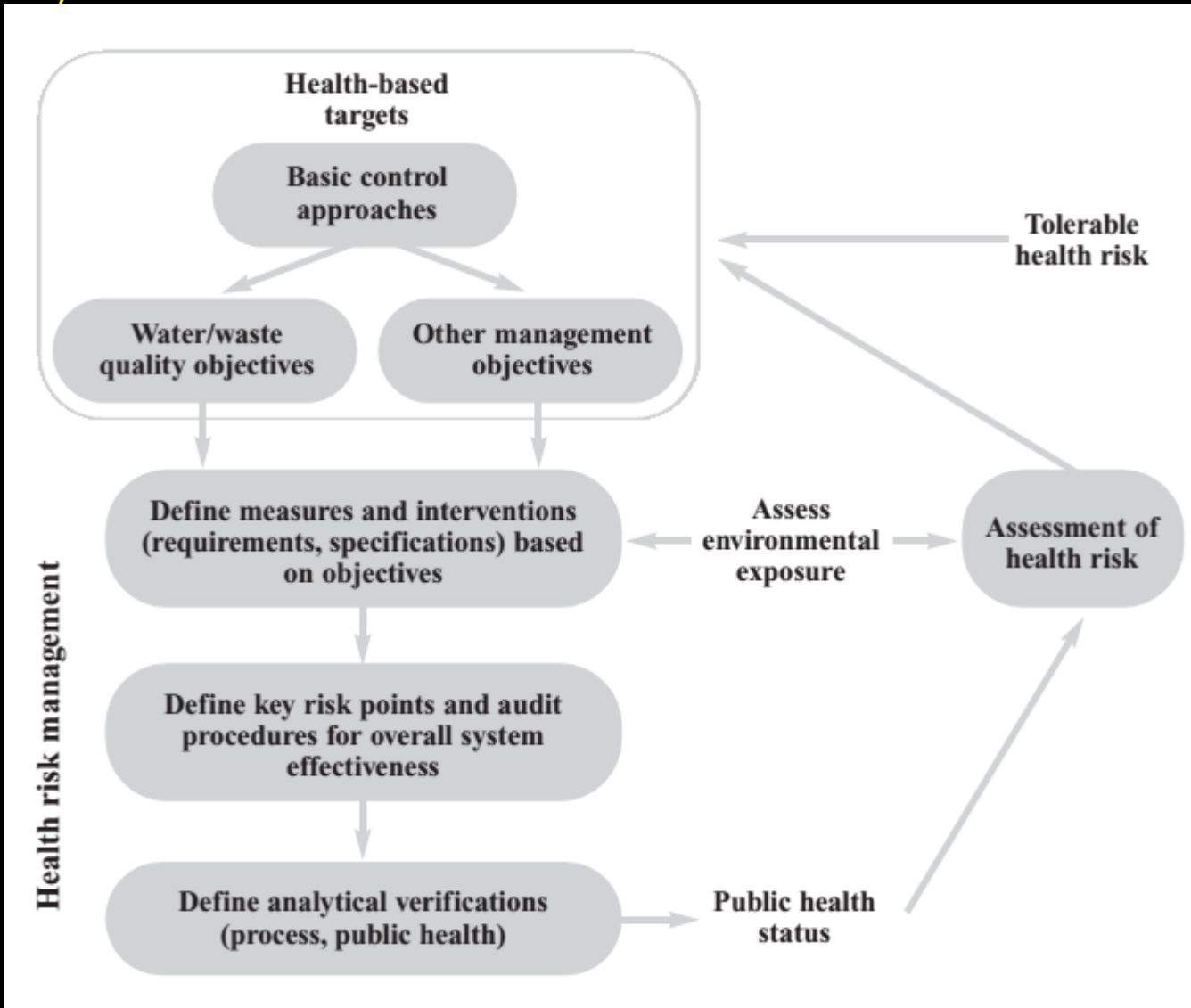
Control measure	Validation requirements	Operational monitoring parameters	Verification monitoring parameters
Waste application/ timing	Test the amount of time needed for pathogen die-off under different climatic conditions and for different pathogens/indicators between waste application and crop harvest to ensure minimal contamination	Monitor waste application timing and time to harvest	Analyse plant contamination
Produce washing, disinfection, cooking foods	Research on which methods are most effective in reducing contamination, pathogen inactivation Testing of educational materials among relevant stakeholders	Inspection by food safety authorities to ensure that proper procedures are being used at markets or restaurants where products are prepared	Periodic microbial testing of the hygiene of food preparation spaces in markets and restaurants, product testing to investigate where contamination occurs Inspection of markets to assess availability of safe drinking-water for product washing/freshening
Access control, use of personal protective equipment	Testing access control measures for effectiveness in preventing public exposures to wastewater Identifying which personal protective equipment is available at low cost that workers will wear Testing the effectiveness of the personal protective equipment in preventing exposure to hazards	Visual inspection of wastewater use areas for warning signs, fences, etc. Visual inspection of workers to ensure that they are wearing the appropriate personal protective clothing	Public health surveillance of workers to document reductions in skin diseases, schistosomiasis (where relevant) and hookworm
Intermediate host and vector control	Test system to evaluate its effect on insect vector breeding and/or survival and growth of relevant snail species Test control measures such as the reduction of emergent vegetation and its impact on the breeding of disease vectors or snail intermediate hosts Check for obstructed drains, seepage and a rise in groundwater levels that can result in pools of standing water	Visual inspection of facilities to observe vegetative growth in irrigation canals or treatment ponds Inspection of waters for relevant insect larvae or snail intermediate hosts	Public health surveillance to document vector-borne diseases or schistosomiasis in workers and local communities

Fontes: Guidelines for The Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, Volume 2 Wastewater use in agricultural OMS 2007

* Chemotherapy and immunization are considered to be supplementary health protection measures and should not be used instead of other health protection measures such as wastewater treatment.



Abordagem harmonizada e integrada da avaliação e gestão dos risco (Stockholm Framework) :



Avaliação dos Riscos (aspetos a abordar):

- Identificação dos perigos associados à componente bacteriológica e química das águas residuais tratadas (descrever os efeitos agudos e crónicos para cada perigo em particular);
- Caracterização do perigo e avaliação da dose/resposta para vários níveis de concentração e incidência dos efeitos na saúde;
- Avaliação da exposição (determinar o tamanho da amostra da população exposta, meios de transmissão e a duração da exposição);
- caracterização do risco (integrar a informação da exposição, da dose/resposta, da identificação dos perigos e estimativa da magnitude do problema na saúde e avaliar a variabilidade e incerteza;
- Definir os riscos tolerados e as metas em termos de saúde, tendo por base estudos epidemiológicos.



Exposição Ambiental(aspetos a abordar):

É importante na avaliação e gestão do risco, pretende avaliar os diferentes perigos em termos ambientais, face às diferentes vias de exposição, quer para os seres humanos quer animais, descrevendo os perigos associados à componente bacteriológica e química dos efluentes, modo de exposição, sua importância e risco de transmissão de doenças associadas à água e aos vetores.

Vias de Exposição:

- Contato direto com a água residual ou culturas contaminadas , antes , durante e após a rega (agricultores, famílias, vendedores e comunidades locais);
- Inalação através de aerossóis (agricultores e comunidades locais);
- Consumo de produtos contaminados (carne, leite, hortícolas etc...);
- água de consumo humano contaminada (aquíferos);
- Doenças transmitidas por vetores em todo o processo das águas residuais tratadas.



Riscos das água residuais e vias de exposição ambiental:

Hazard	Exposure route	Relative importance	Comments
Excreta-related pathogens			
Bacteria (<i>E. coli</i> , <i>Vibrio cholerae</i> , <i>Salmonella</i> spp., <i>Shigella</i> spp.)	Contact Consumption	Low–high	Can survive in the environment long enough to pose health risks. Contamination of crops has led to disease outbreaks. Produce washing/disinfection and cooking reduce the risk. Poor personal hygiene after wastewater contact will increase the risk of infection/disease.
Helminths			
- Soil-transmitted (<i>Ascaris</i> , hookworms, <i>Taenia</i> spp.)	Contact Consumption	Low–high	Present in areas where sanitation and hygiene standards are low. Risk depends on how wastewater is treated, if shoes are worn, if food is cooked before eating, etc. Eggs can survive for a very long time in the environment.
- Schistosomes (trematode bloodflukes)	Contact	Nil–high	Schistosomes are present only in certain geographic regions and require suitable intermediate hosts. Schistosomiasis is transmitted through contact with contaminated water in endemic areas.
Protozoa (<i>Giardia intestinalis</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Entamoeba</i> spp.)	Contact Consumption	Low–medium	Can survive in the environment long enough to pose health risks. Limited evidence of disease outbreaks. Produce washing/disinfection and cooking reduce the risk. Poor personal hygiene after wastewater contact will increase the risk of infection/disease.
Viruses (hepatitis A virus, hepatitis E virus, adenovirus, rotavirus, norovirus)	Contact Consumption	Low– high	Can survive in the environment long enough to pose health risks. Contamination of crops has led to disease outbreaks.

Fontes: Guidelines for The Safe Use of Wastewater , Excreta and Greywater, Volume 2 Wastewater use in agricultural OMS 2007



Riscos das água residuais e vias de exposição ambiental:

Hazard	Exposure route	Relative importance	Comments
Viruses (hepatitis A virus, hepatitis E virus, adenovirus, rotavirus, norovirus) <i>(continued)</i>			Produce washing/disinfection and cooking reduce the risk. Poor personal hygiene after wastewater contact will increase the risk of infection/disease. In areas with poor sanitation and hygiene standards, most people are infected as children and develop immunity. May pose more of a health risk for local people who are not exposed as children or for tourists without immunity to local diseases.
Skin irritants	Contact	Medium-high	Skin diseases such as contact dermatitis (eczema) have been reported after heavy contact with untreated wastewater. Cause has not yet been determined but is likely due to a mixture of microbial and chemical agents. May also be caused by cyanobacterial toxins in some situations.
Vector-borne pathogens (<i>Plasmodium</i> spp., dengue virus, <i>Wuchereria bancrofti</i> , Japanese encephalitis virus)	Vector contact	Nil-medium	Limited to geographic areas where the pathogen is endemic and suitable vectors are present. Risk is mainly associated with water resource development (i.e. development of reservoirs and irrigation systems) and usually not specifically with wastewater use in agriculture. Lymphatic filariasis is the exception, as its vectors breed in organically polluted water.
Chemicals			
Heavy metals (arsenic, cadmium, lead, mercury)	Consumption	Low	Heavy metals may accumulate in some plants, but rarely to levels considered unsafe.
Halogenated hydrocarbons (dioxins, furans, PCBs)	Consumption	Low	Concentration of these substances is generally low in wastewater (but may be higher in sludge). These substances are usually adsorbed by soil particles and not taken up by plants.
Pesticides (aldrin, DDT)	Contact Consumption	Low	Risk is related to agricultural practices. Wastewater generally does not contain high concentrations of these substances.

Fontes: Guidelines for The Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, Volume 2 Wastewater use in agricultural OMS 2007

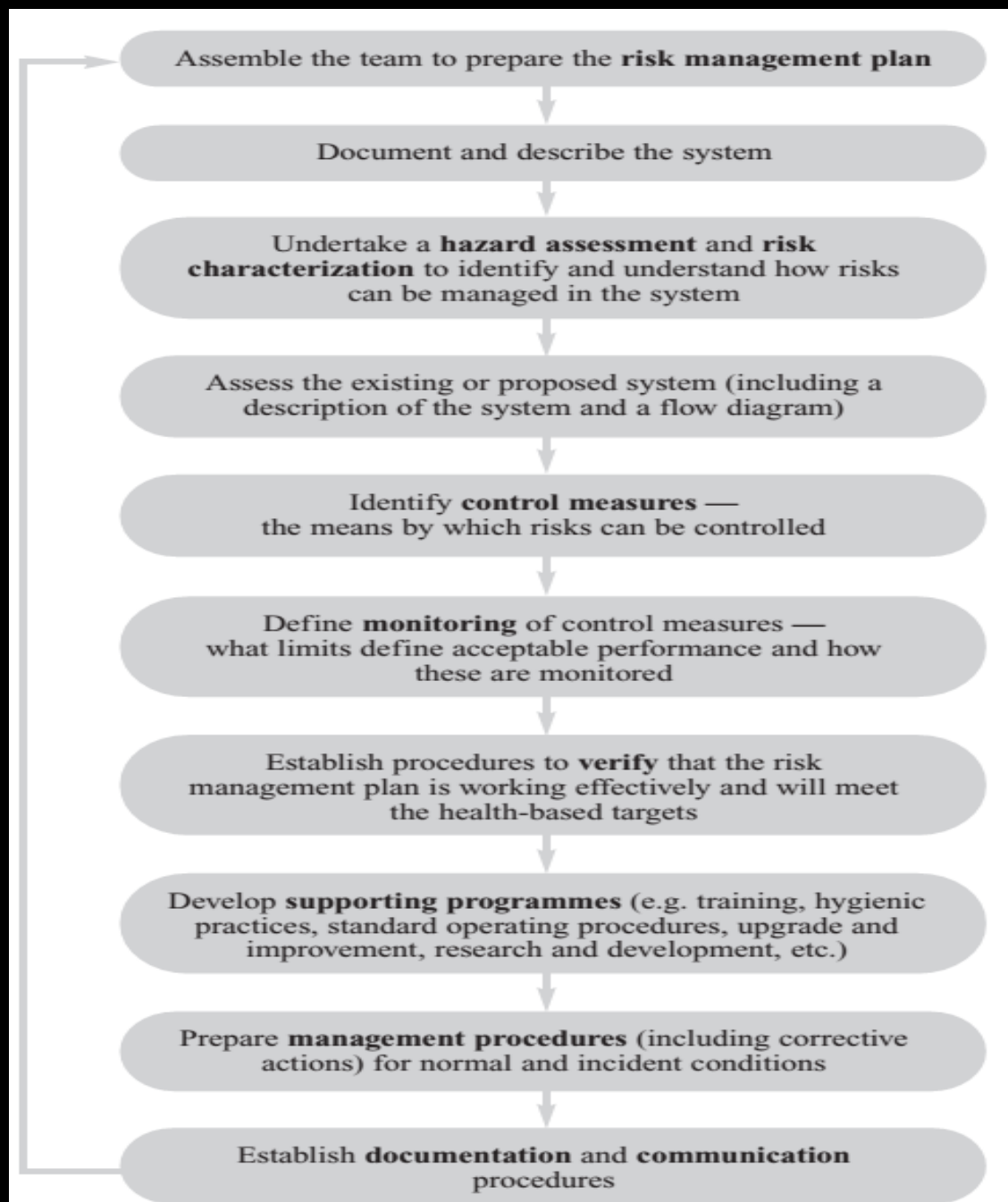


ASPETOS A PONDERAR EM SAÚDE PÚBLICA NO ÂMBITO DA REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS E NA ELABORAÇÃO DE LEGISLAÇÃO/ VALORES GUIA OMS

Gestão do Risco:

Está relacionado com as medidas de minimização dos risco, nomeadamente o grau tratamento de águas residuais e objetivos de qualidade para a água residual tratada (bacteriológica e química), o modo de aplicação das águas residuais tratadas, restrições de culturas a serem regadas, a exposição a aerossóis (direção e velocidade dos ventos predominantes), proteção das linhas de água, controlo dos potenciais hospedeiros, higiene dos alimentos (lavagem, desinfeção e cozinhar os mesmos), uso de equipamentos de proteção individual, acesso a água potável e saneamento, controlo de vetores, restrição do acesso a determinadas áreas, validação da eficiência das medidas de proteção da saúde aplicadas ou de controlo, monitorização (periodicidade de inspeções e vistorias ao sistema, ou medidas simples que informem o gestor do estado de condução do processo) e verificações analíticas da água residual em vários pontos do sistema , no tratamento e nos pontos de utilização de modo a confirmar que o processo de tratamento está a decorrer conforme o estipulado.





PROTECÇÃO DA SAÚDE

A redução do risco apresentado pelos microrganismos patogénicos é conseguido por uma série de medidas de protecção:

- Tratamento adequado ao uso das águas residuais
- Restrição da sua utilização em algumas culturas
- Tipo de aplicação da água residual
- Estabelecimento de um tempo entre a irrigação e o momento de colheita
- Controlo da exposição humana
- Prevenir o acesso a áreas em que a Água está a ser utilizada
- Processamento de produtos que tenham sido irrigados com água reciclada (lavagem, desinfeccção, descasca, cozedura)
-

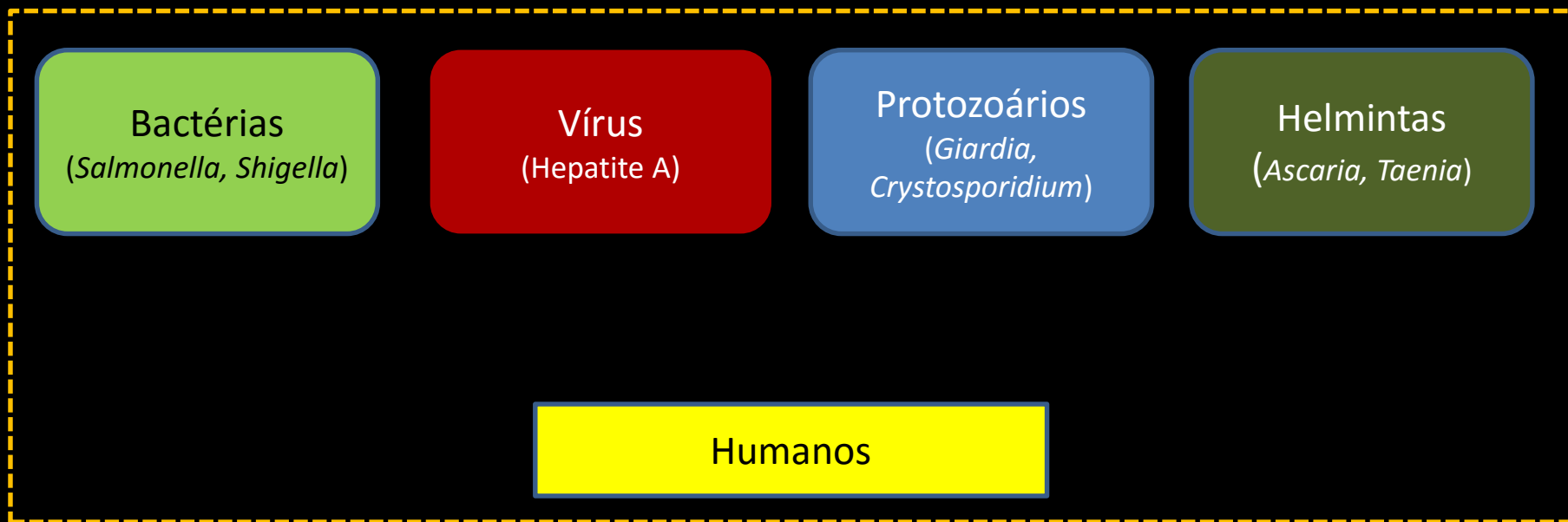


CONSTITUINTES DAS ÁGUAS RESIDUAIS



MICROBIOLÓGICOS

- As águas residuais contêm uma variedade de diferentes patogénicos.
- Muitos são capazes de sobreviverem no ambiente (nas águas residuais, nas colheitas e no solo) o tempo suficiente para serem transmitidos ao Homem



Categorias de organismos com significado em saúde pública que podem estar presentes nas águas residuais



MICROBIOLOGICOS

Fonte: Wastewater Engineering. Metcalf & Eddy

Pathogen type	Examples	Illness
Bacteria	<i>Salmonella</i>	Gastroenteritis, reactive arthritis
	<i>Campylobacter</i>	Gastroenteritis, Guillain–Barré syndrome
	Pathogenic <i>Escherichia coli</i>	Gastroenteritis, haemolytic uremic syndrome
	<i>Shigella</i>	Dysentery
	<i>Yersinia</i>	Gastroenteritis, septicaemia
	<i>Vibrio cholerae</i>	Cholera
	Atypical <i>Mycobacteria</i>	Respiratory illness (hypersensitivity pneumonitis)
	<i>Legionella</i> spp	Respiratory illness (pneumonia, Pontiac fever)
	<i>Staphylococcus aureus</i>	Skin, eye, ear infections, septicaemia
Viruses	Enterovirus	Gastroenteritis, respiratory illness, nervous disorders, myocarditis
	Adenovirus	Gastroenteritis, respiratory illness, eye infections
	Rotavirus	Gastroenteritis
	Norovirus	Gastroenteritis
	Hepatitis A	Infectious hepatitis
	Calicivirus	Gastroenteritis
	Astrovirus	Gastroenteritis
	Coronavirus	Gastroenteritis
	Protozoa	<i>Cryptosporidium</i>
<i>Giardia</i>		Gastroenteritis
<i>Entamoeba histolytica</i>		Amoebic dysentery
Helminths	<i>Taenia</i> (<i>T. saginata</i> , <i>T. solium</i>)	Tapeworm (beef measles), neurocysticercosis
	<i>Ascaris</i>	Roundworm
	<i>Trichuris</i>	Whipworm
	<i>Ancylostoma</i>	Hookworm

Source: Adapted from Feacham et al (1983), Geldreich (1990), NRC (1996), Bitton (1999)

Organism	Concentration, number/mL
Total coliform	10^5 – 10^6
Fecal coliform	10^4 – 10^5
Fecal streptococci	10^3 – 10^4
Enterococci	10^2 – 10^3
<i>Shigella</i>	Present ^b
<i>Salmonella</i>	10^0 – 10^2
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10^1 – 10^2
<i>Clostridium perfringens</i>	10^1 – 10^3
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Present ^b
Protozoan cysts	10^1 – 10^3
Giardia cysts	10^{-1} – 10^2
Cryptosporidium cysts	10^{-1} – 10^1
Helminth ova	10^{-2} – 10^1
Enteric virus	10^1 – 10^2

Em águas residuais não tratadas



MICROBIOLÓGICOS

- Diferentes tipos de sistemas de tratamentos têm eficácias diferentes na remoção dos diferentes patogénicos.
- Alguns dos tratamentos não removem completamente os patogénicos.
- (Ex: *Cryptosporidium* é resistente à cloração e os adenovirus aos U.V.)

Examples of maximum and minimum Log reduction via different treatment processes

Treatment	Faecal coliforms	Enteric viruses	Phage	<i>C. parvum</i>	<i>Giardia</i>	Helminths
Secondary Ponds	2.5	5	1.6–6.6			
Chlorination	3		0.11–0.39	1	1.6	1.7–3
O3	2–3	3.5–6	0.1–2.5	0.1		
UV	2–3.5		2–6			
Membrane filtration	7		4–6			
			>6	6–7	6	

Processo de tratamento		Coliformes fecais (NMP /100 mL)
Sem tratamento		$10^7 - 10^9$
Primário		$10^7 - 10^9$
Secundário	Lamas activadas e leitos percoladores	$10^5 - 10^6$
Terciário		$10^5 - 10^6$
Filtração	De efluente secundário e terciário	$10^4 - 10^6$
Microfiltração		$10^1 - 10^3$
Lagunagem	Depende de: temperatura ambiente, n.º de lagoas e tempo de retenção	$<10^2 - 10^4$

TABLE 7-4

Removal or destruction of bacteria by different treatment processes

Process	Percent removal
Coarse screens	0–5
Fine screens	10–20
Grit chambers	10–25
Plain sedimentation	25–75
Chemical sedimentation	40–80
Trickling filters	90–95
Activated sludge	90–98
Chlorination of treated wastewater	98–99



MICROBIOLÓGICOS

O risco de infecção por cada um destes patogénicos depende de uma data de factores:

- Da dose infecciosa exigida
- Susceptibilidade de uma dada população exposta
- A carga de material fecal da água residual
- Tratamento efectuado à água antes da exposição ocorrer

Table 3.2 Excreted organism concentrations in wastewater

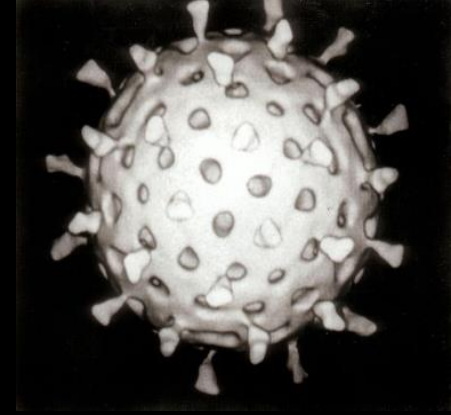
Organism	Numbers in wastewater (per litre)
Bacteria	
Thermotolerant coliforms	10^8-10^{10}
<i>Campylobacter jejuni</i>	$10-10^4$
<i>Salmonella</i> spp.	$1-10^5$
<i>Shigella</i> spp.	$10-10^4$
<i>Vibrio cholerae</i>	10^2-10^5
Helminths	
<i>Ascaris lumbricoides</i>	$1-10^3$
<i>Ancylostoma duodenale</i> / <i>Necator americanus</i>	$1-10^3$
<i>Trichuris trichiura</i>	$1-10^2$
<i>Schistosoma mansoni</i>	ND
Protozoa	
<i>Cryptosporidium parvum</i>	$1-10^4$
<i>Entamoeba histolytica</i>	$1-10^2$
<i>Giardia intestinalis</i>	10^2-10^5
Viruses	
Enteric viruses	10^5-10^6
Rotavirus	10^2-10^5

ND, no data

Sources: Feachem et al. (1983); Mara & Silva (1986); Oragui et al. (1987); Yates & Ge



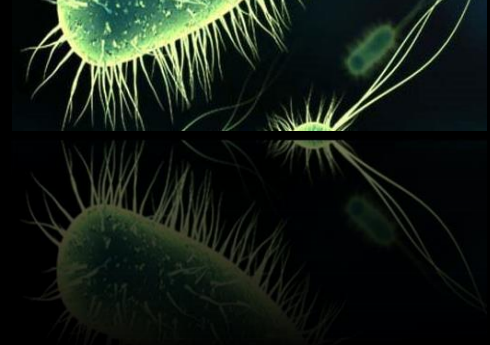
VIRUSES



- Os vírus entéricos são altamente infecciosos.
- As doses infecciosas (ID_{50}) podem ser tão baixas quanto 10 partículas virais (ou menos)
- As populações susceptíveis são os idosos, as crianças e os imunodeprimidos.



BACTERIA



- As bactérias são o grupo mais numeroso encontrado nas águas recicladas
- A maior parte são bactérias entéricas
- No entanto bactérias como a *Legionella spp*, *Mycobacterium spp* (*Leptospira*) j foram detectadas nas águas residuais
- As bactérias entéricas patogénicas podem infectar quer humanos quer animais (ex: *Salmonella*). Os animais podem ser outra fonte de contaminação das águas residuais tratadas, e também podem estar em perigo quando em contacto com estas águas.
- A maioria das bactérias entéricas patogénicas requer um número elevado de células para provocar infecção ($> 10^6$ células).
- No entanto *Shigella dysenteriae* e *Campylobacter jejuni* requerem apenas 100 células para provocarem infecção em indivíduos susceptíveis.



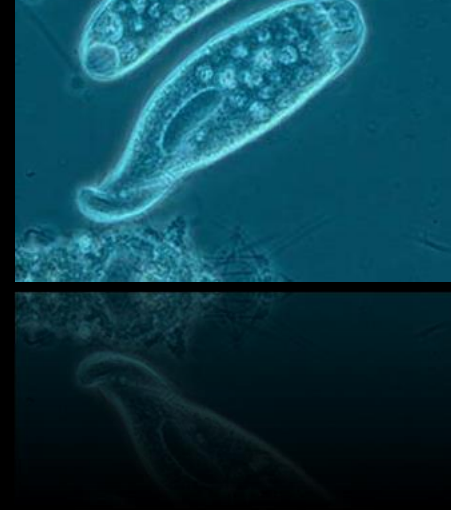
PROTOZOA

Parasitas obrigatórios

Fora do hospedeiro persistem numa forma de resistência chamado cisto ou oocisto.

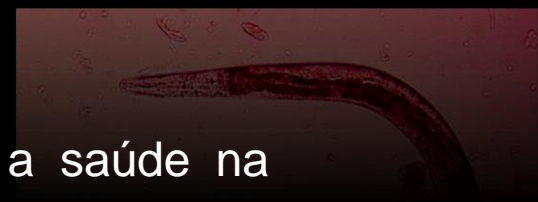
Os mais comuns:

- *Entamoeba histolytica*
 - *Giardia intestinalis*
 - *Cryptosporidium parvum*
-
- Mais infecciosas do que as bactérias patogénicas entéricas
 - *Cryptosporidium*, *Giardia* and *Entamoeba* precisam apenas de 10 (oo) cistos

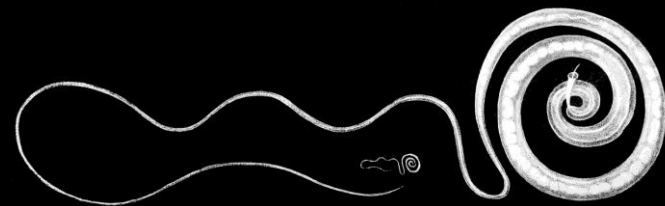


HELMITHS

- Parasitas intestinais comuns que podem ser transmitidos pela via fecal-oral.
- Ciclo de vida simples sem hospedeiro intermédio.
- Os helmintas que constituem um risco significativo para a saúde na utilização de águas residuais incluem:
 - *Ascaris lumbricoides*
 - *Ancylostoma duodenale* ou *Necator americanus*
 - *Trichuris trichiura*
- A OMS lista os nemátodos intestinais como os que apresentam os maiores riscos para a saúde na utilização de águas residuais não tratadas na agricultura e aquacultura.



INFECTION LEVELS ARE PARTICULARLY ENDEMIC WHERE HUMAN FAECAL MATTER IS USED AS FERTILISER FOR GROWING VEGETABLES.



MICROBIOLÓGICOS

LACTÊNCIA

Latency is the time interval between the excretion of a pathogen and that it becomes infective to another person

PERSISTÊNCIA

Persistence - is the period of time that pathogens can survive outside the human host.

Pathogen inactivation is much more rapid in hot, sunny weather than in cool, cloudy or rainy conditions (low temperatures prolong pathogens survival)

Pathogens die off on crops more quickly than die off in soil



PERSISTÊNCIA

ORGANISMO PATOGENICO	TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA (DIAS)					
	NO SOLO			EM CULTURAS		
VIRUS						
Enterovirus (*)	<100 mas usualmente <20			<60 mas usualmente <15		
BACTERIAS						
Coliformes fecais	< 70	"	< 20	<30	"	<15
Salmonella spp	< 70	"	< 20	<30	"	<15
Vibrio cholerae	< 20	"	< 10	< 5	"	< 2
PROTOZOARIOS						
Cistos de Entamoeba histolytica	< 20	"	< 10	<10	"	< 2
HELMINTOS						
Ovos de Áscaris lumbricoides	muitos meses			<60	"	<30
Larvas de Ancilostoma e Necator	< 90 mas usualmente			<30	<60	"
Ovos de Taenia saginata	muitos meses			<60	<60	"
Ovos de Trichuris trichiura	muitos meses			<60	"	<30

(*) Inclui polio, echo e coxsackievirus

Fonte: WHO. 1988



DOSE INFECCIOSA

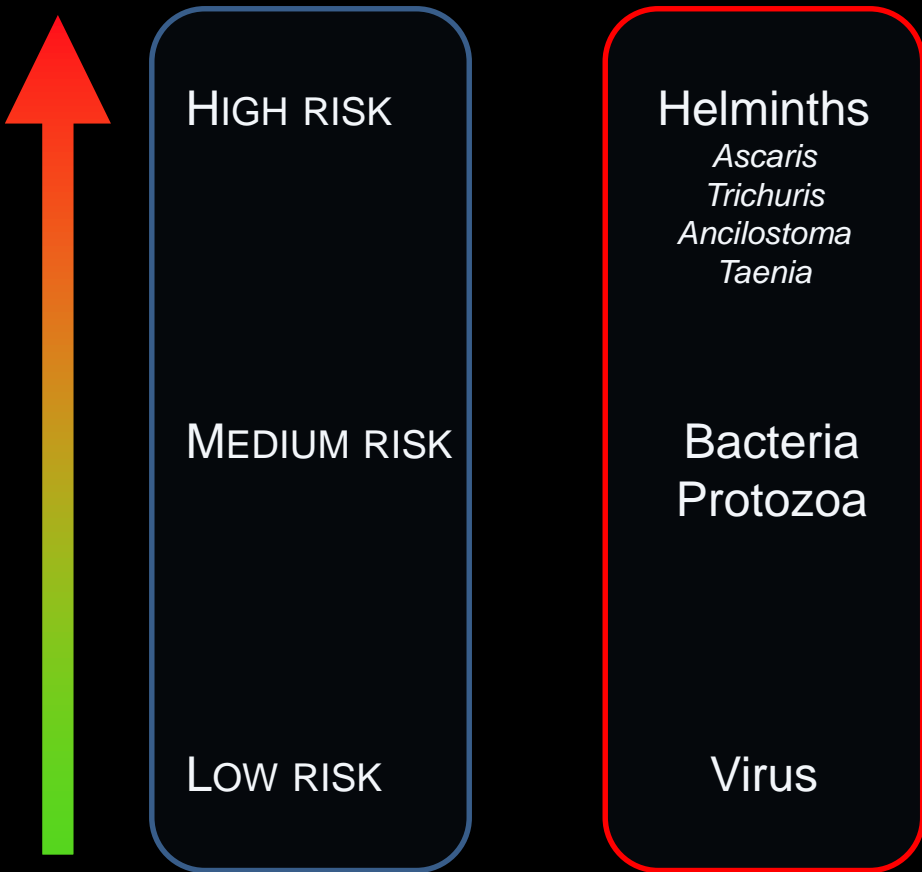
Infectious dose is the number of pathogens necessary to cause infection in the human host. It can be a single or a lot of them, depending on the type of infection

Dose infecciosa para alguns patogénicos	
AGENTE	DOSE INFECCIOSA MÍNIMA
<i>Salmonella spp.</i>	10^4 - 10^7
<i>Shigella spp.</i>	10^1 - 10^2
<i>E. coli</i>	10^6 - 10^8
<i>E. Coli O157:H7</i>	<100
<i>Vibrio cholerae</i>	10^3
<i>Campylobacter jejuni</i>	Cerca de 500
<i>Giardia lamblia</i>	10^1 - 10^2 cistos
<i>Cryptosporidium</i>	10^1 cistos
<i>Entamoeba coli</i>	10^1 cistos
Ascaris	1-10 ovos
Vírus Hepatite A	1-10 PFU

Fonte: Wastewater microbiology. 3rd edition.
Gabriel Bitton



MICROBIOLÓGICOS



No caso de utilização de águas residuais tratadas na rega agrícola, os riscos maiores são os produtos consumidos crus

Fonte: WHO, 1988

Na reutilização da águas residuais tratadas na rega agrícola



Regra sem restrições:

A utilização de água residual não tratada na rega de vegetais aumenta o nº de casos de infeção por helmintas (*Ascaris lumbricoides*) infeções bacterianas (febre tifoide, *Helicobacter pylori*) e diarreia nos consumidores

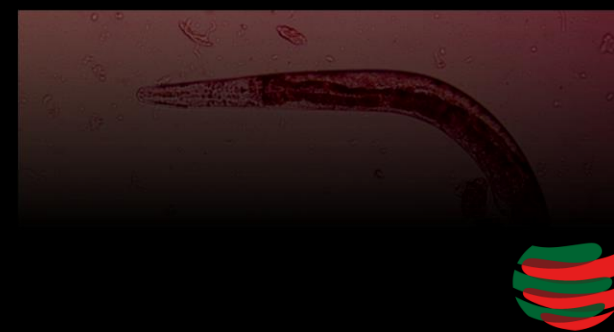
Quando as águas residuais sofrem algum tratamento, ainda há evidencia que o risco de infeções entericas (vírus e bacterias), quando os consumidores comem alimentos crus irrigados com água que excede o valor guia da OMS de 1000 ufc /100 ml de coliformes fecais por um factor de 10.

Regra com restrições

Estudos de risco de infeções virais e bacterianas relacionadas com a utilização de água tratada sugerem que quando a rega é feita por aspersores e a população é exposta a aerossóis há um risco acrescido de infeção quando a qualidade da água residual é 10^6 ufc de coliformes totais/100ml, mas não há um risco acrescido quando a qualidade é de 10^3 - 10^4 coliformes fecais/100ml .



Estudos de risco sobre infecção por *Ascaris* dos trabalhadores agrícolas e das suas famílias relacionados com a utilização de água residual tratada mostram que há um risco acrescido de infecção por *Ascaris* nas crianças mesmo quando a qualidade da água é de ≤ 1 ovo de nematodos /L



O RISCO NÃO É EXCLUSIVO DO CONSUMIDOR

Group exposed	Health risks		
	Helminth infections	Bacterial/virus infections	Protozoal infections
Consumers	Significant risk of helminth infection for both adults and children with untreated wastewater	Cholera, typhoid and shigellosis outbreaks reported from use of untreated wastewater; seropositive responses for <i>Helicobacter pylori</i> (untreated); increase in non-specific diarrhoea when water quality exceeds 10^4 thermotolerant coliforms/100 ml	Evidence of parasitic protozoa found on wastewater-irrigated vegetable surfaces, but no direct evidence of disease transmission
Farm workers and their families	Significant risk of helminth infection for both adults and children in contact with untreated wastewater; increased risk of hookworm infection for workers who do not wear shoes; risk for helminth infection remains, especially for children, even when wastewater is treated to <1 helminth egg per litre; adults are not at increased risk at this helminth concentration	Increased risk of diarrhoeal disease in young children with wastewater contact if water quality exceeds 10^4 thermotolerant coliforms/100 ml; elevated risk of <i>Salmonella</i> infection in children exposed to untreated wastewater; elevated seroresponse to norovirus in adults exposed to partially treated wastewater	Risk of <i>Giardia intestinalis</i> infection reported to be insignificant for contact with both untreated and treated wastewater; however, another study in Pakistan has estimated a threefold increase in risk of <i>Giardia</i> infection for farmers using raw wastewater compared with irrigation with fresh water; increased risk of amoebiasis observed with contact with untreated wastewater
Nearby communities	Transmission of helminth infections not studied for sprinkler irrigation, but same as above for flood or furrow irrigation with heavy contact	Sprinkler irrigation with poor water quality (10^6 – 10^8 total coliforms/100 ml) and high aerosol exposure associated with increased rates of infection; use of partially treated water (10^3 – 10^5 thermotolerant coliforms/100 ml or less) in sprinkler irrigation is not associated with increased viral infection rates	No data on transmission of protozoan infections during sprinkler irrigation with wastewater

Sources: Shuval, Yekutieli & Fattal (1984); Fattal et al. (1986); Shuval et al. (1989); Blumenthal et al. (2000a); Armon et al. (2002); Blumenthal & Peasey (2002); J.H.J. Ensink, W. van der Hoek & F.P. Amerasinghe (unpublished data, 2005).

Tabela: Composição típica de águas residuais domésticas não tratadas

Contaminants	Unit	Concentration		
		Weak	Medium	Strong
Solids, total (TS)	mg/L	350	720	1200
Dissolved, total (TDS)	mg/L	250	500	850
Fixed	mg/L	145	300	525
Volatile	mg/L	105	200	325
Suspended solids (SS)	mg/L	100	220	350
Fixed	mg/L	20	55	75
Volatile	mg/L	80	165	275
Settleable solids	mL/L	5	10	20
Biochemical oxygen demand, mg/L: 5-day, 20°C (BOD ₅ , 20°C)	mg/L	110	220	400
Total organic carbon (TOC)	mg/L	80	160	290
Chemical oxygen demand (COD)	mg/L	250	500	1000
Nitrogen (total as N)	mg/L	20	40	85
Organic	mg/L	8	15	35
Free ammonia	mg/L	12	25	50
Nitrites	mg/L	0	0	0
Nitrates	mg/L	0	0	0
Phosphorus (total as P)	mg/L	4	8	15
Organic	mg/L	1	3	5
Inorganic	mg/L	3	5	10
Chlorides ^a	mg/L	30	50	100
Sulfate ^a	mg/L	20	30	50
Alkalinity (as CaCO ₃)	mg/L	50	100	200
Grease	mg/L	50	100	150
Total coliform ^b	no/100 mL	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹
Volatile organic compounds (VOCs)	µg/L	<100	100-400	>400

^a Values should be increased by amount present in domestic water supply.
^b See Table 3-18 for typical values for other microorganisms.
 Note: 1.8(°C) + 32 = °F.

TABLE 5-6
Degree of treatment achieved by various unit operations and processes used in primary and secondary treatment^a

Treatment units	Constituent removal efficiency, percent					
	BOD	COD	SS	P ^b	Org-N ^c	NH ₃ -N
Bar racks	nil	nil	nil	nil	nil	nil
Grit chambers	0–5 ^d	0–5 ^d	0–10 ^d	nil	nil	nil
Primary sedimentation	30–40	30–40	50–65	10–20	10–20	0
Activated sludge (conventional)	80–95	80–85	80–90	10–25	15–50	8–15
Trickling filters						
High rate, rock media	65–80	60–80	60–85	8–12	15–50	8–15
Super rate, plastic media	65–85	65–85	65–85	8–12	15–50	8–15
Rotating biological contactors (RBCs)	80–85	80–85	80–85	10–25	15–50	8–15
Chlorination	nil	nil	nil	nil	nil	nil

^a Adapted in part from Ref. 10 and 14.

^b P = Total phosphorus.

^c Org-N = Organic nitrogen.

^d The higher numbers apply if grit washers are not used.

Fonte: Wastewater Engineering. Metcalf & Eddy



OUTROS COMPOSTOS QUÍMICOS ENCONTRADOS NAS ÁGUAS RESIDUAIS

- Resíduos de produtos farmacêuticos (antibióticos para uso humano e veterinários, analgésicos e anti-inflamatórios, ansiolíticos/antidepressivos, reguladores lipídicos, β - bloqueadores, agentes de contraste de raios x)
- Radionuclídeos naturais
- Hormonas esteroides (ex:estradiol, estrona, estriol, dietilestilbestrol)
- Produtos de higiene pessoal (fragrâncias, agentes de protecção solar, repelentes de insectos, antisépticos, tintas, champô)
- Surfactantes e metabolitos (ex: alquilfenol extoxilatos, 4-nonilfenol, 4- octilfenol)
- Retardantes de chama
- Aditivos industriais (ex: agentes quelantes (EDTA) sulfanatos aromáticos)
- Aditivos da gasolina (ex: Éteres Dialquílicos, Éter Metil-t-butílico (MTBE))
- Nutrientes (que podem suportar ou promover o crescimento de algas como as cianobactérias)
- Pesticidas
- Produtos químicos utilizados no tratamento de águas,
- outros produtos químicos (fenóis, nitrosaminas, PCB's hidrocarbonetos aromáticos policlínicos, etc



COMPOSTOS QUÍMICOS ENCONTRADOS NAS ÁGUAS RESIDUAIS

As estimativas de risco para a saúde humano devido à exposição a um químico específico são geralmente baseados em extrapolações dos resultados toxicológicos experimentais em animais (relação dose - resposta).



“Safe” Levels of Exposure: Not So Safe After All

For years, it was assumed that low levels of chemical exposure would not harm our health. This assumption rested upon a classic idea in toxicology that is often summed up in the phrase “the dose makes the poison.” This idea holds that the greater the dose of exposure to a given toxin, the greater the risk of harm. For example, with increasing levels of alcohol consumption, the more likely that person is to develop liver disease.

Congruently, the idea holds that if a person is exposed to a small enough dose of the substance, he or she will not be at risk of suffering any health effects. Based on this premise, toxicologists have traditionally assessed chemical risk assuming that there must be a “safe” dose at which levels are too low to cause any real harm. But we are finding that this is not true, particularly when we look at large populations with differences in age, disease status and genetics.

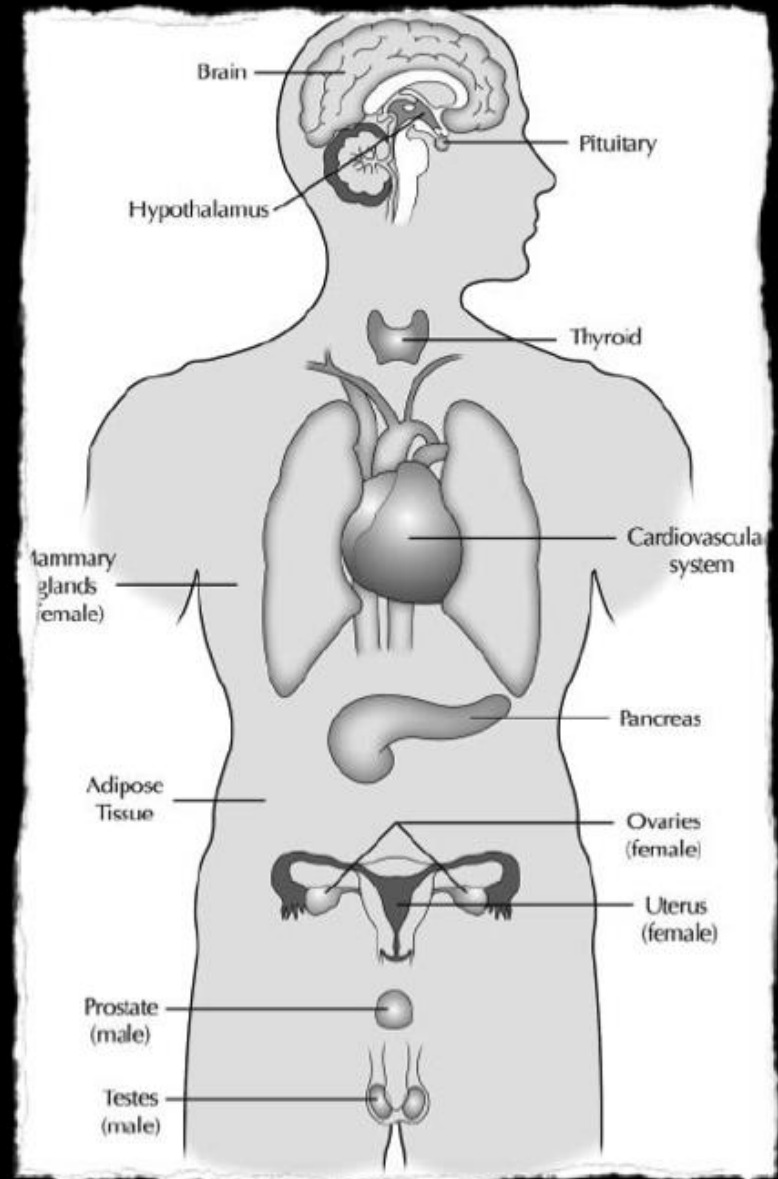
Hormone disruptors are one class of chemicals that illustrate why low levels of chemical exposure matter. Very small amounts of the body’s natural hormones

a small amount of a hormone disruptor can have a graver impact than exposure to a large amount.

DESREGULADORES ENDÓCRINOS

Substância ou composto exógeno, que possui propriedades susceptíveis de conduzir à desregulação do sistema endócrino num organismo intacto, sua descendência ou (sub) populações

Substância ou composto exógeno, que altera uma ou várias funções do sistema endócrino e tem, conseqüentemente, efeitos adversos sobre a Saúde num organismo intacto, sua descendência ou (sub) populações



DESREGULADORES ENDÓCRINOS

O sistema Endócrino é um sistema de comunicações paralelo ao sistema nervoso desempenhando funções na regulação do crescimento, na reprodução e ao nível do metabolismo das células.

- Glândulas
- Centros produtores de hormonas
- Hormonas

(Mensageiros químicos, lançados na corrente sanguínea, que levam determinados órgãos a reagir)

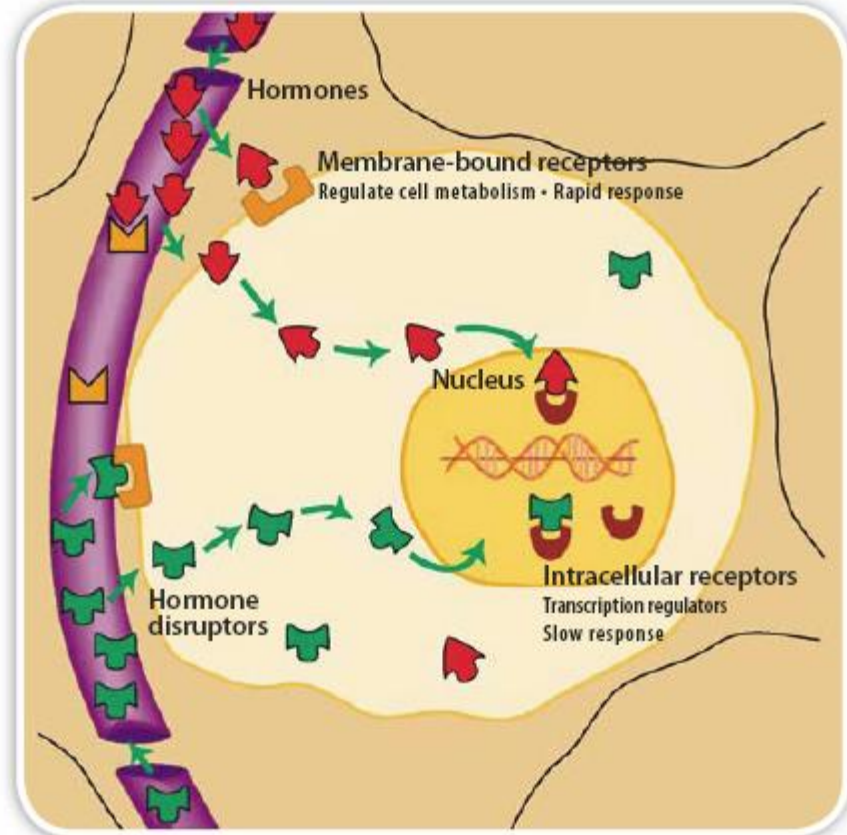


FIGURE 2: A depiction of how hormones connect with specific receptors on a cell surface or within a cell. A cascade of cellular events follows that often results in a particular gene being turned on or off. Hormone disruptors can interfere with this process.



Glândula	Hormona	Função	Lesões
Tiróide	Tiroxina	Actua sobre o ritmo metabólico. Na infância contribui para o crescimento do sistema nervoso	Hipofuncionamento = calma, apatia, lentidão - Na infância = Idiotia - Depois da infância = Atraso mental (curável)
			Hiperfuncionamento = perturbações de carácter, insónias, hiperemotividade emagrecimento. Hipertrofia = Bóssio
Pâncreas	Insulina	- Actua na utilização da Glicose, baixando o nível de açucars no sangue - Tensão nos <u>músculos estriados</u>	Hipofuncionamento = Diabetes
Supra-Renais	Adrenalina	Aumenta a produção do açúcar	Hipertrofia na mulher = barba
	Noradrenalina	Neurotransmissor	
	Cortisol	Metabolismo dos hidratos de carbono, proteínas e lípidos; recuperação do esforço	
	Aldosterona e andrógenos		
Ovários	Estrogénio	Características sexuais femininas, desejo sexual, menstruação e capacidade de reprodução	
	Progesterona	Desenvolvimento dos órgãos sexuais, preparação do útero para implantação do embrião na gravidez	
Testículos	Testosterona	Características sexuais masculinas primárias (produção de espermatozoides) e secundárias (barba, voz grave, força muscular)	
Hipófise (Pituitária)	Somatotrópica	Crescimento físico	- Insuficiência nos jovens = Nanismo - Excesso nos jovens = Gigantismo - Excesso nos adultos = ≠ <u>Acromegalia</u> ≠
	Estimulinas	Regulação das glândulas	



Algumas das hormonas que são vitais para o funcionamento deste sistema incluem:

- Estrogénios (estradiol, estriol, estron)
- Androgenios (ex: testosterona)
- Hormonas segregadas pela tiróide (ex tiroxina)

Os desreguladores endócrinos são substâncias que interferem com o funcionamento deste sistema e podem operar de várias maneiras

Podem mimitejar as hormonas naturais

Podem estimular directamente ou inibir o sistema endócrino, provocando excesso ou deficit de hormonas



Estudos recentes indicam que químicos utilizados na agricultura, indústria e nas habitações e de higiene pessoal estão a ser libertados no ambiente e muitos suspeita-se que possam ter actividade como desreguladores endócrinos.



TIPOS DE DE	EXEMPLOS	USOS OU FONTES DE EMISSÃO	VIA DE EXPOSIÇÃO NOS HUMANOS
PESTICIDAS	DDT	Controlo do mosquito da malária: EPA banuiu o seu uso em 1972 para alimentos e 1988 para outros produtos.	Inalação, ingestão, contacto com a pele
	Endosulfano	Veneno usado para uma larga variedade de insectos, conservante da madeira, culturas de chá, café, cereais	Inalação, contacto com a pele, alimentos, água
	Metoxicloro	Eficaz em muitas pestes: agricultura, plantas ornamentais. O seu uso aumentou quando o DDT foi banido.	Inalação, contacto com a pele, alimentos, água
ORGANOHALOGENADOS	PCBs	Desde 1974, o fabrico de PCB tem sido banido e o seu uso em equip. eléctrico reduzido	Alimentos, água, contacto com a pele
	Dioxinas (TCDD)	Efeitos ocorrem durante a gravidez, resultando em malformações nas crias. Manufatura de herbicidas; incineração de plásticos, RH. TCDD não tem aplicação comercial: investigação química	Alimentos
	Furanos	Intermediário na síntese e produção de compostos orgânicos: insecticidas, medicamentos e estabilizadores	Inalação
ALQUILFENÓIS (AP) E ALQUILFENÓIS ETOXILATOS (APÉ)	Nonilfenóis- Octilfenóis	Produção de alquilfenol exalado surfactante: agentes de limpeza e sanitários. APs usados como aditivos plásticos (PVC), preparação de resinas fenólicas, polímeros, estabilizadores de quente, antioxidantes e agentes curativos.	Água contaminada extraída de águas poluídas.



TIPO DE EDCs	EXEMPLOS	USOS OU FONTES DE EMISSÃO	VIA DE EXPOSIÇÃO NOS HUMANOS
ADITIVOS PLÁSTICOS	Bisfenol A	Recobre o interior de embalagens metálicas de estanho usadas na indústria alimentar; produtos dentários	Crianças – grupo mais exposto
	Ftalato de dietil	Aumento da flexibilidade de plástico usados: escovas de dentes, partes automóveis, ferramentas, brinquedos, empacotamento de comida, cosméticos, insecticidas e aspirina	Consumo de produtos e plásticos, ar, água e alimentos contaminados
	Ftalato de 2-Etilhexilo (DEHP)	Aumento da flexibilidade dos plásticos; Tintas, pesticidas, cosméticos e bombas de óleo em vácuo.	Inalação, ingestão, contacto com a pele, água, alimentos, alimentos envolvidos em PVC
METAIS PESADOS	Cádmio Chumbo Mercúrio	Apenas em grandes doses são tóxicos para o sistema hormonal.	
FITOESTROGÉNIOS	Cumestrol Genisteina Isoflavonóides	Estrogénios das plantas que aparecem em produtos derivados da soja, e outros legumes.	
FARMACÊUTICOS	Dietilstilboestrol (DES) Etinilestradiol Mestranol Tamoxifen	Etinilestradiol e Mestranol são ingredientes activos nos contraceptivos orais.	



Algumas patologias associadas a desreguladores endócrinos



- Neoplasia testicular e prostática
- Diminuição da qualidade do sémen
- Malformações congénitas (Criptorquidismo e Hipospádia)



- Maior número de casos de endometriose
- Aumento do número de abortos espontâneos
- Cancro da mama



- Alterações da fertilidade
- Alteração da razão macho /fêmea ($< N^{\circ}$ de machos)



A CHARACTERIZATION OF SELECTED ENDOCRINE DISRUPTOR COMPOUNDS IN A PORTUGUESE WASTEWATER TREATMENT PLANT

R. MAURÍCIO^{1,*}, M. DINIZ¹, M. PETROVIC², L. AMARAL¹, I. PERES¹,
D. BARCELÓ² and F. SANTANA¹

¹*Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Dep. de Ciências e Engenharia do Ambiente, Quinta da Torre – 2825 Monte da Caparica, Portugal;* ²*Department of Environmental Chemistry-IIQAB-CSIC, c/Jordi Girona, 18-26, 08034 Barcelona, Spain*

(*author for correspondence, e-mail: rmr@fct.unl.pt)

(Received 11 March 2005; accepted 6 July 2005)



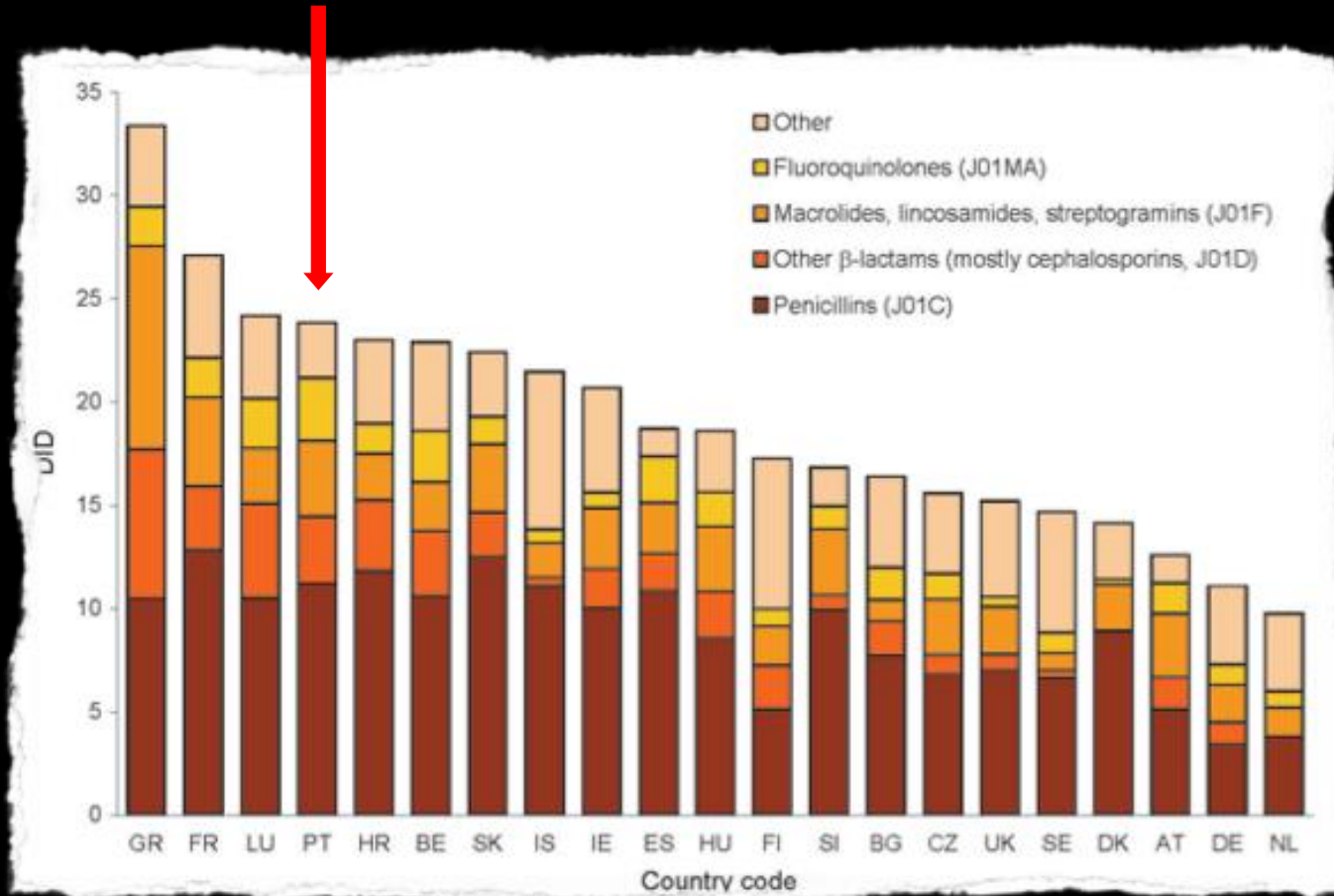
Conclusões:

- ✓ Os compostos examinados estão presentes no efluente em varias concentrações ao longo do processo de tratamento e são descarregados no estuário em níveis que podem causar efeitos fisiológicos na vida selvagem.
- ✓ No entanto o estuário pode ter um efeito de diluição, reduzindo a concentração destes compostos e consequentemente a disponibilidade para serem absorvidos pelos organismos aquáticos.
- ✓ Considerando que há vários espécies de valor comercial presentes no rio e no estuário que podem bioacumular estes compostos e podem ser consumidos pelo homem, e que a agua do rio também é usada para a produção de agua para consumo humano, podem originar problemas de saúde pública derivados à exposição de compostos com actividade estrogenica.



ANTIBIOTICOS

Tem-se verificado a nível mundial um aumento na resistência a antibioticos



Total antimicrobial drug consumption in ambulatory care in defined daily dose per 1,000 inhabitants per day (DID) by antimicrobial class in 21 European countries in 2004.

Fonte: Antimicrobial Drug Use and Resistance in Europe



Nas estações de tratamento de águas residuais os antibióticos são parcialmente eliminados e quantidades residuais podem chegar às águas superficiais ou águas subterrâneas.

Table 1: Percent removal of total antibiotics through various wastewater treatment facilities in SE Queensland

WWTP	Treatment Type		Total Antibiotic $\mu\text{g L}^{-1}$	% Antibiotic Removal
1	Activated Sludge (AS)	Influent	2.01	80
		Effluent	0.39	
2	AS with Microfiltration/ Reverse Osmosis	Influent	2.01	91
		Effluent	0.18	
3	Reed Bed with UV Disinfection	Influent	27.38	99
		Effluent	0.22	
4	AS with Chlorination	Influent	34.80	94
		Effluent	2.04	
5	Oxidation Ditch with UV Disinfection	Influent	4.87	92
		Effluent	0.38	



Concentration of pharmaceutical drugs per dose and concentration in sewage effluent

Name	Drug type	Conc. (mg per tablet) ^a	Conc. in sewage effluent ($\mu\text{g l}^{-1}$)
Ibuprofen	Analgesic	400, 600, 800	0.37 ^b
Gemfibrozil	Lipid regulator	600	0.40 ^b
Amoxicillin	Antibiotic	250, 500	>100 ^d
Ciprofloxacin	Antibiotic	100, 250, 500	0.68 ^c
Carbamazepine	Antiepileptic	100, 200, 400	2.1 ^b

^a[35]; ^b[36]; ^c[37]; ^d[38].

Fonte: Water reuse and health risks – reals vs. Perceived. S. Toze. Desalination 187 (2006)

Os antibióticos são de particular interesse porque presentemente não sabemos se a sua presença em águas superficiais contribui para a disseminação da resistência a antibióticos.

Antibiotics and resistant bacteria in our waterways: should we be worried?

My research has found antibiotics and antibiotic-resistant bacteria in the waterways of south-east Queensland and wastewaters targeted for recycling. These findings may have significant environmental and public health consequences and raise the issue of drug resistant pathogens in our environment.

Andrew Watkinson
CRC for Water Quality and Treatment
National Research Centre for Environmental Toxicology- The University of Queensland

Neste estudo foram associados níveis elevados de resistência a antibióticos com as descargas de estações de tratamento, no rio Brisbane.

Outro estudo

An investigation of the antibiotic resistance pattern of *E. coli* strains in a wastewater treatment plant in Austria showed that these strains were resistant to 16 of 24 tested antibiotics.

Antibiotic-resistant strains numbers increase when the influent to the wastewater treatment plant is from a hospital source (Reinthaler et al., 2003).



PRESENÇA DE COMPOSTOS EMERGENTES NAS ORIGENS DE ÁGUA

Amostras	Número de análises	Compostos com concentração superior ao Limite de Detecção (%)
Captações superficiais – Hormonas esteróides e surfactantes	30	0,0
Captações subterrâneas – Hormonas esteróides e surfactantes	40	0,0
Captações superficiais – Nonilfenóis	28	28,6
Captações subterrâneas – Nonilfenóis	24	58,3

Fonte: EPAL

- Presença de compostos emergentes nas origens de água
- No entanto estão presentes em concentrações inferiores aos limites de quantificação

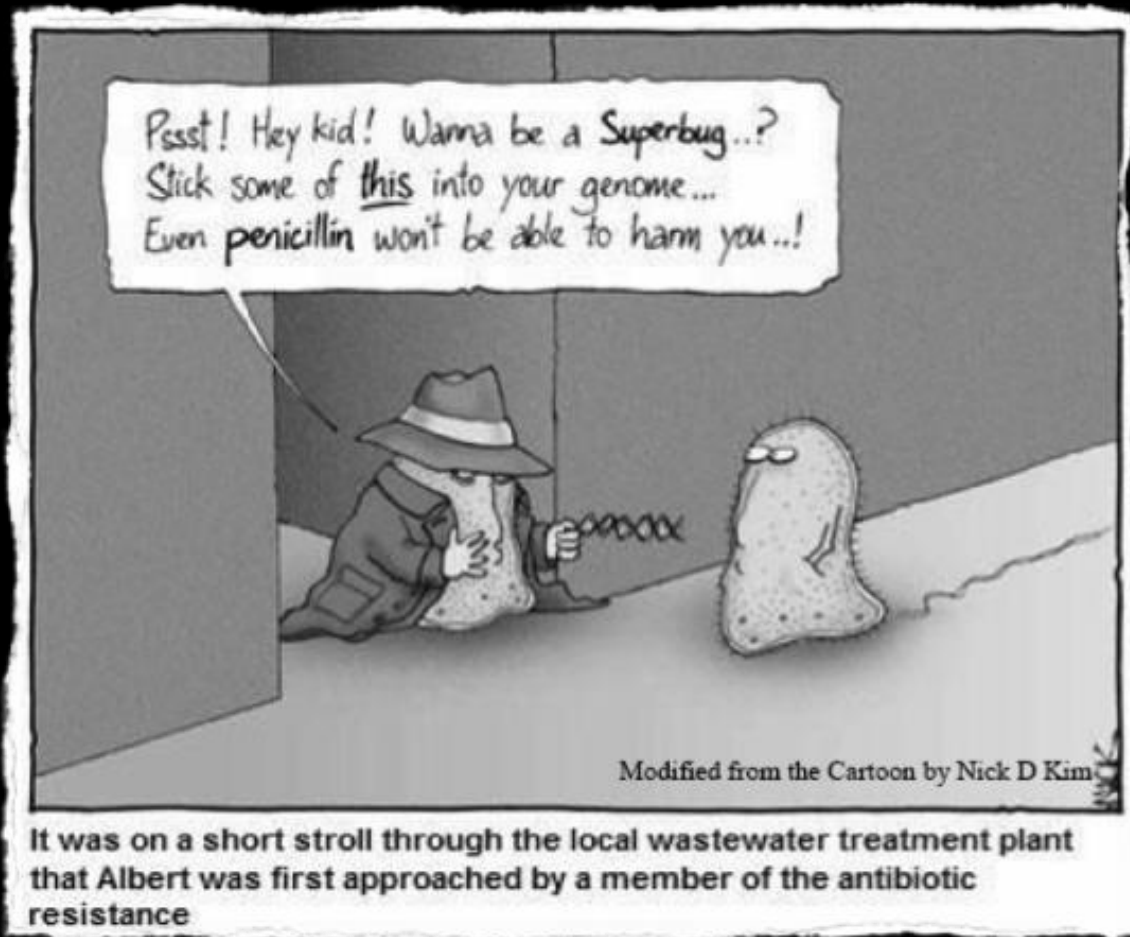


BIBLIOGRAFIA

- WHO. Guidelines for safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume II. Wastewater use in agriculture. 2006
- Reutilização de Águas Residuais. ERSAR – Série Guias Técnicos 14. Helena Marecos do Monte; Antonio Albuquerque.
- Aspectos técnicos e de Saúde Pública relativos ao uso de esgotos na agricultura e aquacultura. Ivanildo Hespanhol, Ph.D. Divisão de Saúde Ambiental, Unidade de Abastecimento de Água e Saneamento. WHO. Geneva, Switzerland. 1988.
- Risk Assessment and Health Effects Studies of Indirect Potable Reuse Schemes. Final Report. Stuart Khan & David Roser. Centre For Water and Wast Technology. University of New South Wales, Australia. 2007.
- Australian Guidelines For Water Recycling: Managing Health And Environmental Risks (Phase 2). Augmentation of drinking Water Supplies. 2008.
- Water reuse and health risks – Real vs. Perceived. S. Toze. *Desalination* 187 (2006)
- Metcalf & Eddy. Wastewater Engineering. Treatment, Disposal, Reuse. 3rd Edition. 1991.
- A characterization of selected endocrine disruptor compounds in a portuguese wastewater treatment plant. R. Mauricisio, M. Diniz, M.Petrovic, L. Amaral, I. Peres, D. Barceló and F. Santana. *Environmental Monitoring and Assessment* (2006).

BIBLIOGRAFIA

- Occurrence and fate of antibiotics as trace contaminants in wastewaters, sewage sludges, and surface waters. Walter Giger; Alfredo C. Alder, Eva M. Golet, Hans-Peter E. Kohler, Christa S. McArdell, Eva Molnar, Hansrudolf Siegrist and Marc J.-F. Suter. *Environmental Analysis. Chima* 57 (2003) 485-491.
- Fonte: Water reuse and health risks – reality vs. Perceived. S. Toze. *Desalination* 187 (2006)
- EPAL. Água para consumo humano: compostos orgânicos emergentes e riscos para a saúde: Apresentação pessoal. Autores - Vítor Vale Cardoso, Maria João Benoliel, Ana Penetra, Alexandre Rodrigues, Elisabete Ferreira.
- Antimicrobial Drug Use and Resistance in Europe Nienke van de Sande-Bruinsma, Hajo Grundmann, Didier Verloo, Edine Tiemersma, Jos Monen, Herman Goossens, Matus Ferech, and the European Antimicrobial Resistance Surveillance System and European and European Surveillance of Antimicrobial Consumption Project Groups.
- Municipal Waste Water Treatment Plant (WWTP) Effluents. A Concise Overview of The Occurrence of Organic Substances. Rhine Water Works. The Netherlands. July 2007.
- U.S. EPA – Removal of endocrine disruptor chemicals using drinking water treatment processes, 2001
- Diamanti-Kandarakis E et al. 2009 Endocrine-Disrupting Chemicals: An Endocrine Society Scientific Statement. *Endocrine Reviews* 30(4):293-342
- Critical review of epidemiological evidence of the health effects of wastewater and excreta use in agriculture. London School of Hygiene and Tropical Medicine. 2002



Obrigado!

diegues@dgs.pt
vitormartins@dgs.pt

